

И. И. ДУДИЧ

МАЛОГАБАРИТНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

МАССОВАЯ
РАДИО
БИБЛИОТЕКА

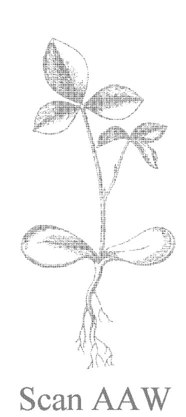
Основана в 1947 году

Выпуск 1011

И. И. ДУДИЧ

МАЛОГАБАРИТНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ





МОСКВА «ЭНЕРГИЯ» 1980

ББК 32.842
Д81
УДК 621.317—181.4:621.396.66

Дудич И. И.

Д 81 Малогабаритные измерительные приборы. — М.: Энергия, 1980. — 56 с., ил. — (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1011).

25 к.

В книге описаны электроизмерительные приборы, применяемые в радиолюбительской практике. Большое внимание уделено описанию авометров, вольтметров, генераторов и других малогабаритных измерительных устройств.

Книга предназначена широкому кругу радиолюбителей.

Д $\frac{30405-112}{051(01)-80}$ 255-80. 2402020000

ББК.32.842
6Ф2.08

ПРЕДИСЛОВИЕ

Среди различных видов радиолюбительской деятельности большой популярностью пользуется изготовление бытовых радиоэлектронных устройств и измерительных приборов. Качественное выполнение работ при конструировании, настройке и регулировке радиоаппаратуры невозможно без простейших измерительных средств, с помощью которых можно производить различные измерения в цепях исследуемых устройств.

Основная цель издания — оказать помощь многочисленным радиолюбителям в их конструкторской деятельности, дать им практические советы и описать конструкции приборов, изготовление которых может оказаться полезным для пополнения оборудования лабораторий, технических кружков и мастерских радиолюбителей.

Автор стремился не только сообщить конкретные сведения об отдельных приборах, но и нацелить их на самостоятельное, творческое решение задач, связанных с доработкой, усовершенствованием или упрощением описанных в книге конструкций.

Предлагаемые варианты схем и конструкций авометров, а также других измерительных приборов в основном созданы на базе стандартных деталей. Приборы сравнительно просты в изготовлении. Учитывая, что при повторении отдельных конструкций иногда рациональна замена одних элементов схемы другими, даны соответствующие рекомендации.

Если отдельные приборы, описанные в книге, будут изготовлены радиолюбителями и найдут свое применение в их деятельности, автор сочтет задачу, поставленную при подготовке настоящего издания, выполненной.

Отзывы по книге просьба направлять по адресу: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., д. 10, изд-во «Энергия», Массовая радиобиблиотека.

Автор

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ АВОМЕТР ИТТ-1М

Назначение и характеристика прибора. Прибор представляет собой комбинированный малогабаритный ампервольтметр со встроенным несложным испытателем транзисторов. Он обеспечивает все виды измерений при температуре окружающей среды 20±5° С и относительной влажности до 80%.

В приборе предусмотрены следующие виды и пределы измерений:

Постоянное напряжение, В	0—3,	0—15,	0—60,	0—300,	0—600
Переменное напряжение, В	0—3,	0—15,	0—60,	0—300,	0—600
Постоянный ток, мА . . .	0—0,06,	0—0,6,	0—6,	0—60,	0—600
Переменный ток, мА . . .	0—0,6,	0—6,	0—60,	0—600	
Сопротивление постоянному току, кОм	0—3,	0—30,	0—300,	0—3000	
Статический коэффициент передачи тока в схеме с общим эмиттером $h_{21Э}$ транзисторов структур:					
р-п-р	0—50				
п-р-п	0—250				
Обратный ток коллекторного перехода при разомкнутом выводе эмиттера $I_{КБО}$, мкА	0—60				
Начальный ток коллектора, мкА	0—60				
Входное сопротивление прибора в режиме:					
вольтметра постоянного тока, кОм/В	20				
вольтметра переменного тока, кОм/В	1,67				

При соответствующем подборе сопротивлений добавочных резисторов и шунтов прибор позволяет производить измерения с точностью, достаточной для проведения ремонта и наладки радиоаппаратуры.

Схема и принцип работы. Принципиальная схема прибора приведена на рис 1. В качестве индикатора применен микроамперметр типа М-4204/1 магнитоэлектрической системы с полным отклонением стрелки при токе 50 мкА и сопротивлением рамки около 2 кОм. Выбор схемы обусловлен желанием создать на базе одного стрелочного индикатора комбинированный измерительный прибор универсального назначения, не усложняя при этом его конструкции и коммутации. Применение отдельных шунтов для каждого предела измерений постоянного тока позволяет добиться минимального падения напряжения на участке цепи измерителя. Используемый способ коммутации пределов измерения исключает возможность выхода из строя стрелочного индикатора при переходе с одного предела измерения постоянного тока на другой, так как в этот момент при отключении шунта от измеряемой цепи отключается и индика-

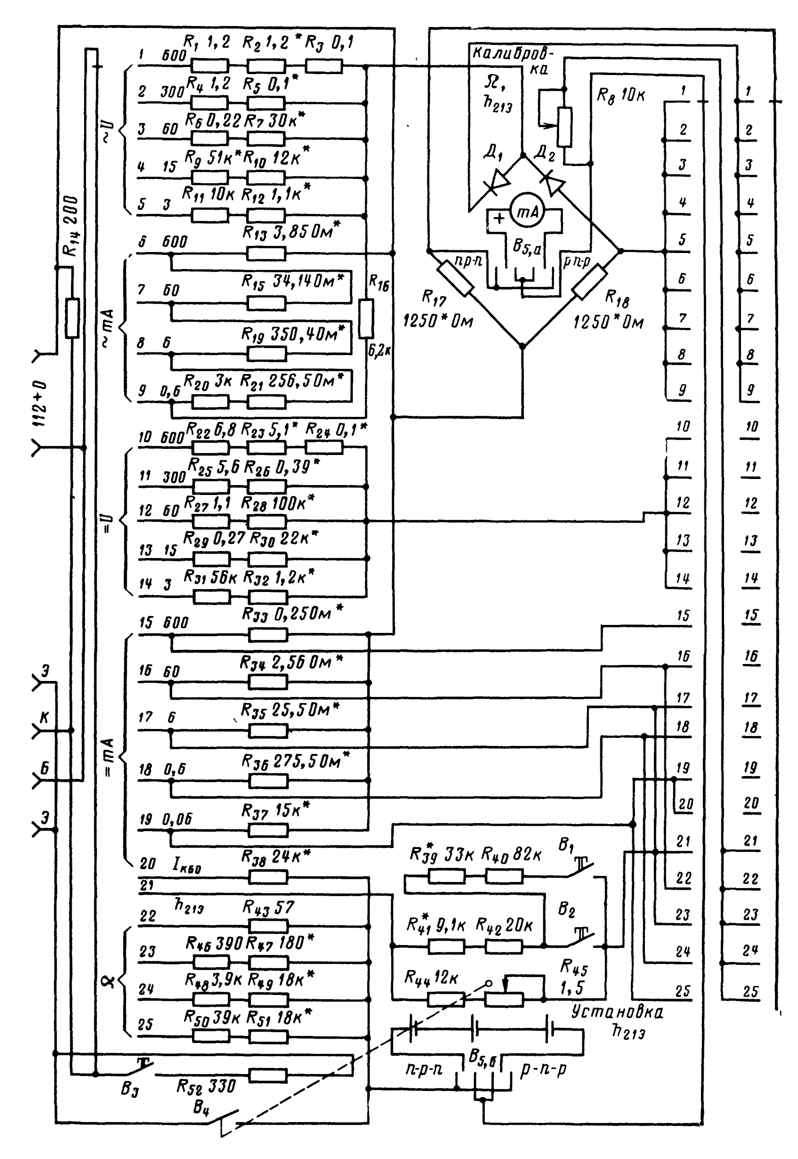


Рис. 1. Принципиальная схема авометра ИТТ-1М.

тор. Кроме того, такой способ коммутации удобен еще и тем, что нарушение контакта в цепи шунта на одном пределе измерений тока не влечет за собой потери работоспособности прибора на остальных пределах измерений. Миллиамперметр переменного тока имеет универсальный шунт.

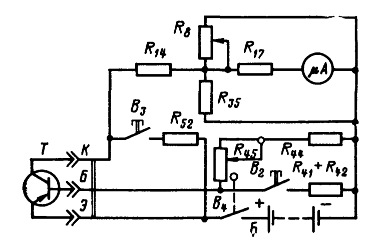


Рис. 2. Упрощенная схема измерения статического коэффициента передачи тока $h_{21Э}$.

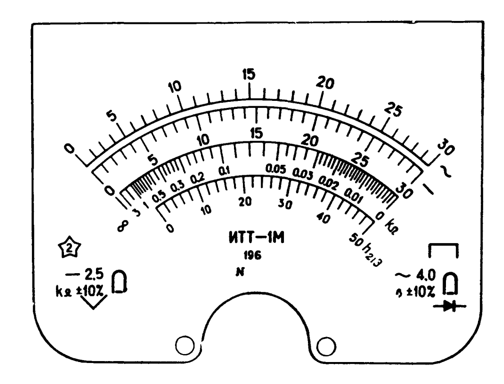


Рис. 3. Шкала прибора ИТТ-1М.

Диоды $Д_1$ и $Д_2$ подключаются к измерительной головке только при измерении переменного напряжения и тока. Резистор R_{17} является ограничительным при измерениях обратного тока коллекторного перехода $I_{КБО}$ Наличие этого резистора позволяет использовать один и тот же переменный резистор для установки нуля на всех пределах измерений сопротивления и калибровки прибора при измерении статического коэффициента передачи тока коллектора $h_{21Э}$ транзисторов.

Способ измерения статического коэффициента передачи тока $h_{21Э}$ транзистора поясняет рис. 2. Проверяемый транзистор включен по схеме с общим эмиттером. Ток коллектора (около 0,5—0,75 мА), при котором измеряется $h_{21Э}$, устанавливают переменным резистором R_{45} в цепи базы транзистора. Этот ток определяет нуль шкалы $h_{21Э}$. При нажатии кнопки B_2 в базу транзистора дается приращение тока

$$\Delta I_Б = \frac{E - U_{БЭ}}{R_{41} + R_{42}} \approx \frac{E}{R_{41} + R_{42}},$$

где $U_{ЭБ}$ — падение напряжения на переходе эмиттер — база проверяемого транзистора. Приращение тока базы вызывает приращение

тока коллектора $\Delta I_К = h_{21Э}\Delta I_Б$. Таким образом, отклонение стрелки прибора пропорционально $h_{21Э}$.

Цель калибровки R_3, R_{52} и переменный резистор R_8 уменьшают погрешность измерения $h_{21Э}$ от нестабильности напряжения источника питания так, что изменение $\Delta I_Б$ компенсируется соответствующим изменением чувствительности миллиамперметра, измеряющего $\Delta I_К$. Для обеспечения возможности измерения параметров транзисторов *p-n-p* и *n-p-n* в приборе предусмотрена коммутация полярности источника питания и стрелочного индикатора с помощью переключателя, ручка которого выведена на лицевую панель прибора.

Конструкция прибора. Прибор собран из стандартных деталей, за исключением некоторых, изготовленных самостоятельно.

В качестве детектора переменных токов и напряжений использованы диоды типа Д2Б (Д2Е). Кнопки B_1—B_3 (см. рис. 1) можно применять готовые или самодельные. Переключателем полярности батареи и стрелочного индикатора служит переключатель диапазонов транзисторного приемника. Переменный резистор R_{45}, сопряженный с выключателем B_4, желательно использовать малогабаритный, однако можно и переменный резистор типа ТК-0,5 и переменный резистор R_8 — типа СП. Добавочные резисторы вольтметров — типа МЛТ-0,5. Проволочные шунты надо намотать константановым или манганиновым проводом на высокоомных (более 150—200 кОм) резисторах типа МЛТ или ВС. Диаметр провода 0,8—0,1 мм в зависимости от сопротивления шунта (меньшему сопротивлению соответствует больший диаметр провода). На переднюю панель прибора необходимо установить все ручки управления, сделать соответствующие надписи, после чего покрыть панель бесцветным лаком с помощью кисти или пульверизатора.

Для уменьшения размеров прибора в качестве источника питания используют батарею из трех элементов 332, соединенных последовательно и установленных внутри корпуса. Корпус прибора размером 165×100×55 мм изготовлен из пластмассы. Его можно сделать также из дерева, алюминия или другого материала. Масса прибора не превышает 0,8 кг. Шкала прибора изображена на рис. 3, внешний вид прибора — на рис. 4.

Настройка прибора и работа с ним. После сборки прибора надо проверить правильность монтажа и только после этого приступить к налаживанию прибора. Производят его в такой последовательности: подбирают сопротивления резисторов R_{17} и R_{18}, сопротивления универсального шунта миллиамперметра переменного тока, добавочные сопротивления вольтметра переменного тока, сопротивления шунтов миллиамперметра постоянного тока, добавочные сопротивления вольметра постоянного тока, сопротивления шунтов омметра и сопротивление резисторов измерителя параметров транзисторов.

Сопротивление резисторов R_{17}, R_{18} подбирают таким образом, чтобы сумма R_{17} и сопротивления рамки микроамперметра была равна 3 кОм. Для определения сопротивления рамки надо подключить микроамперметр через добавочный резистор к источнику питания напряжением 1,5—4,5 В. Сопротивление резистора подбирают таким, чтобы стрелка прибора отклонялась на всю шкалу. $R \approx E/I_{мкА}$ где E — напряжение источника питания в вольтах, $I_{мкА}$ — ток полного отклонения микроамперметра в микроамперах. Параллельно следует подсоединить переменный резистор сопротивлением около

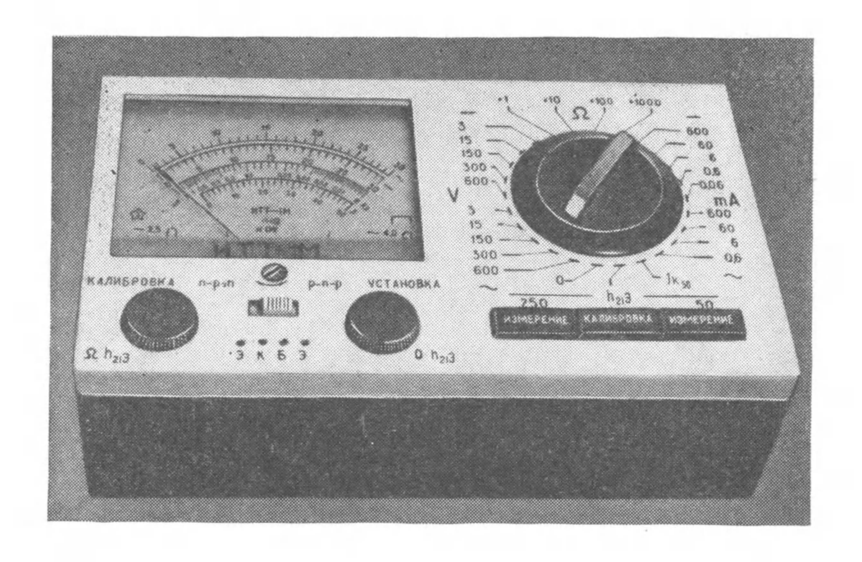


Рис. 4. Внешний вид прибора ИТТ-1М.

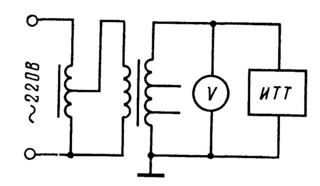


Рис. 5. Схема установки для калибровки вольтметра переменного тока.

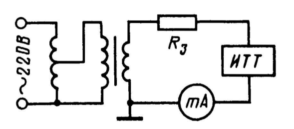


Рис. 6. Схема включения установки для регулировки (подбора универсального шунта) и калибровки миллиамперметра переменного тока.

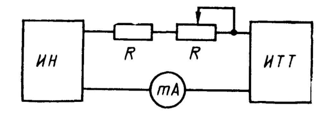


Рис. 7. Схема включения прибора ИТТ-1М для калибровки миллиамперметра постоянного тока

3 кОм и, вращая его ручку, добиться уменьшения показаний прибора в 2 раза. В этом случае сопротивление рамки прибора равно сопротивлению переменного резистора, которое легко определить омметром.

Для подбора сопротивлений универсального шунта миллиамперметра переменного тока рекомендуется собрать установку по схеме

на рис. 5. Трансформатор $Тр_1$ — типа ЛАТР-2 или РНО-250-05; $Тр_2$ понижающий (220/6,3 В); R_3 — защитный резистор 10 Ом на мощность рассеивания 10 Вт; *mA* — образцовый миллиамперметр переменного тока класса 1,0—1,5.

Первым подбирают резистор R_{13} (см. рис. 1). Для этого переключают прибор ИТТ на измерение переменного тока 0,6 А, выводят движок $Тр_1$ до нуля и подключают установку к сети. Поворотом движка $Тр_1$ устанавливают ток в цепи 0,6 А по образцовому миллиамперметру. Если стрелка ИТТ зашкаливает, то сопротивление резистора R_{13} надо уменьшить, а если не доходит до конечной отметки шкалы — увеличить. Аналогичным образом подбирают R_{15} при установке переключателя рода работ в положение «Измерение тока 60 мА», R_{19} — при 6 мА, R_{21} — при 0,6 мА. Для подбора добавочных сопротивлений вольтметра переменного тока рекомендуется собрать установку по схеме, изображенной на рис. 6. Трансформатор $Тр_1$ — ЛАТР-2 или РНО-250-05; $Тр_2$ — повышающий (220/600 В) с отводами на 150 и 15 В, *V* — образцовый вольтметр класса 1,0—1,5 с соответствующими пределами измерения. Если на каком-либо из проверяемых пределов показания ИТТ-1М завышены по сравнению с показаниями образцового вольтметра, соответствующее добавочное сопротивление следует увеличить, и наоборот.

Для подбора сопротивления шунтов миллиамперметра постоянного тока рекомендуется собрать установку по схеме на рис. 7. Здесь *ИН* — источник напряжения постоянного тока с регулируемым выходом 0—6 В; R_3 — защитное сопротивление 10 Ом, рассеиваемая мощность — около 10 Вт; *mA* — образцовый миллиамперметр класса 0,5—1,0 (может использоваться тестер Ц-57) с подходящими пределами измерения. Поскольку в миллиамперметре постоянного тока шунты индивидуальные для каждого предела, их регулировку можно производить в любой последовательности. Если на каком-либо пределе показания ИТТ завышены по сравнению с образцовым миллиамперметром, сопротивление соответствующего шунта нужно уменьшить, и наоборот.

Проверку и регулировку вольтметра постоянного тока производят с помощью источника регулируемого напряжения постоянного тока 0-600 В и образцового вольтметра постоянного тока класса 1—1,5. ИТТ-1М и образцовый вольтметр подключают к выходу источника напряжения. Если на каком-либо пределе измерения показания ИТТ-1М завышены по сравнению с образцовым вольтметром, соответствующие добавочные сопротивления следует увеличить, и наоборот.

Проверка показания омметра на любом из пределов сводится к измерению известных сопротивлений (магазины сопротивлений МСР-60, МСР-55, резисторы БЛП или УЛИ). Измеряемое сопротивление следует выбирать таким, чтобы соответствующая ему отметка была примерно посередине шкалы. Перед измерением необходимо установить нуль омметра при закороченных щупах прибора регулировкой резистора R_8. Если на каком-либо пределе измерения стрелка омметра не доходит до деления шкалы, соответствующего измеряемому сопротивлению, необходимо уменьшить сопротивление резисторов омметра R_{43}, R_{46}—R_{51} (см. рис. 1), и наоборот.

Для настройки измерителя $h_{21Э}$ транзисторов подбирают сопротивление резистора R_{52} так, чтобы $R_{14}+R_{52}=530$ Ом. Это будет соответствовать току калибровки 8,25 мА при напряжении батареи 4,5 В. Сопротивление резистора R_{41} подбирают таким, чтобы сумма

$R_{41}+R_{42}=29$ кОм. Это соответствует $\Delta I_Б=150$ мкА при подключенном транзисторе и нажатой кнопке B_2. Затем подбирают R_{39} $R_{39}+R_{40}=116$ кОм, тогда $\Delta I_Б=30$ мкА.

Правила измерений. Прибор прост в обращении, работа с ним не представляет особенных трудностей. Во избежание выхода из строя какого-либо узла прибора необходимо руководствоваться следующими правилами проведения различных измерений.

Измерение тока. Переключатель структуры транзистора переводят в положение *p-n-p*, а переключатель рода работ — в положение, соответствующее ожидаемому значению измеряемого тока. После этого с помощью измерительных щупов включают прибор в исследуемую цепь. Отсчет измеряемой величины производят по шкале с обозначением «=» при измерениях постоянного тока или по шкале с обозначением «~» при измерении переменного.

Измерение напряжения. Переключатель структуры транзистора оставляют в том же положении, что и при измерениях тока, а переключатель рода работ переводят в положение, соответствующее ожидаемому значению измеряемого напряжения. Затем с помощью измерительных щупов присоединяют прибор параллельно участку цепи, напряжение на котором надо измерить. Измеряемое перенапряжение отсчитывают по тем же шкалам, что и ток.

Особенностью прибора является то, что при измерениях постоянного тока и напряжения при подключении щупов не в той полярности менять щупы местами не обязательно, достаточно перевести переключатель структуры транзистора в другое положение.

Измерение сопротивления постоянному току. Переключатель пределов измерений устанавливают в положение, соответствующее порядку измеряемого сопротивления («×1», «×10» и т. д.). Поворотом ручки переменного резистора R_8 при короткозамкнутых щупах выводят стрелку прибора на нулевую отметку шкалы омметра. Это позволяет компенсировать уменьшение напряжения батареи питания. Диапазон регулировки рассчитан на изменение напряжения источника от 3 до 4,5 В. Если с помощью R_8 установить стрелку прибора на нуль не удается, это значит, что источник питания разрядился и его следует заменить. После указанной регулировки щупы необходимо подключить к измеряемой цепи и произвести отсчет со шкалы омметра с учетом множителя.

Измерение статического коэффициента передачи тока маломощных транзисторов. Переключатель пределов измерений ставят в положение $h_{21Э}$, а переключатель типа транзистора — в положение *p-n-p* или *n-p-n* в зависимости от структуры транзистора. Поворотом ручки переменного резистора R_{45} включают выключатель B_4.

При нажатой кнопке калибровки B_3 вращением ручки переменного резистора R_8 устанавливают стрелку индикатора в крайнее правое положение, затем подключают проверяемый транзистор и устанавливают нуль шкалы $h_{21Э}$ с помощью переменного резистора R_{45}. Нажатием одной из кнопок B_1 или B_2 дают приращение тока базы и определяют статический коэффициент передачи тока по соответствующей шкале.

Измерение обратного тока коллекторного перехода при разомкнутом выводе эмиттера. Переключатель вида измерений переводят в положение $I_{КБО}$, выключатель B_4 выключают поворотом ручки переменного резистора R_{45}, подключают проверяемый транзистор к соответствующим гнездам и делают отсчет по шкале 60 мкА.

АВОМЕТР — ИСПЫТАТЕЛЬ ТРАНЗИСТОРОВ

Краткая характеристика. Прибор, схема которого изображена на рис. 1, представляет собой комбинированный малогабаритный ампервольтомметр, объединенный с испытателем транзисторов.

В нем предусмотрены следующие виды и пределы измерений:

Постоянное напряжение, В	0—10,	0—50,	0—250,	0—500	
Переменное напряжение, В	0—10,	0—50,	0—250,	0—500	
Постоянный ток, мА . . .	0—0,05,	0—0,5,	0—5,	0—50,	0—500
Переменный ток, мА . . .	0—5,	0—50,	0—500		
Сопротивление, кОм . . .	0—20,	0—200,	0—2000		
Статический коэффициент передачи тока транзисторов $h_{21э}$	0—200				
Обратный ток коллектора, мкА	0—50				
Начальный ток коллектора при короткозамкнутых выводах эмиттера и базы, мкА	0—50				

При правильном подборе резисторов (добавочных сопротивлений и сопротивлений шунтов) прибор обеспечивает указанные виды измерений с достаточной для любительской практики точностью. Питание прибора предусмотрено от трех последовательно соединенных элементов 332, установленных внутри корпуса. Прибор собран в закрывающемся металлическом ящике размерами 160×105×65 мм, масса его не превышает 700 г.

Принцип работы данного авометра практически такой же, как у авометра ИТТ-1М, описанного ранее. Уменьшено только количество пределов измерений и упрощена коммутация. Для правильной работы прибора в режимах измерения напряжений и токов выключатель B_4 надо обязательно выключать.

Конструкции и детали. В качестве индикатора используют стрелочный прибор типа М4204 с сопротивлением рамки 2 кОм. Полное отклонение стрелки достигается при токе 50 мкА. Можно применить и другой микроамперметр, однако в этом случае значения добавочных сопротивлений и сопротивлений шунтов необходимо пересчитывать согласно приведенным ниже формулам.

Применение индикаторов с током полного отклонения более 200 мкА влечет за собой заметное уменьшение входного сопротивления вольтметра, затрудняют производить отсчет при измерениях обратного тока коллектора.

Для вольтметра постоянного напряжения добавочное сопротивление для каждого предела измерения рассчитывают по формуле

$$R_д = \frac{U_{пр}}{I_{ин}} - (R_{ин} + R_к),$$

где $R_д$ — сопротивление добавочного резистора; $U_{пр}$ — напряжение, на которое рассчитан вольтметр; $I_{ин}$ — ток полного отклонения стрелочного индикатора; $R_к$ — спротивление компенсационного резистора, включенное в цепь индикатора (в нашем случае R_{25}); $R_{ин}$ — внутреннее сопротивление индикатора,

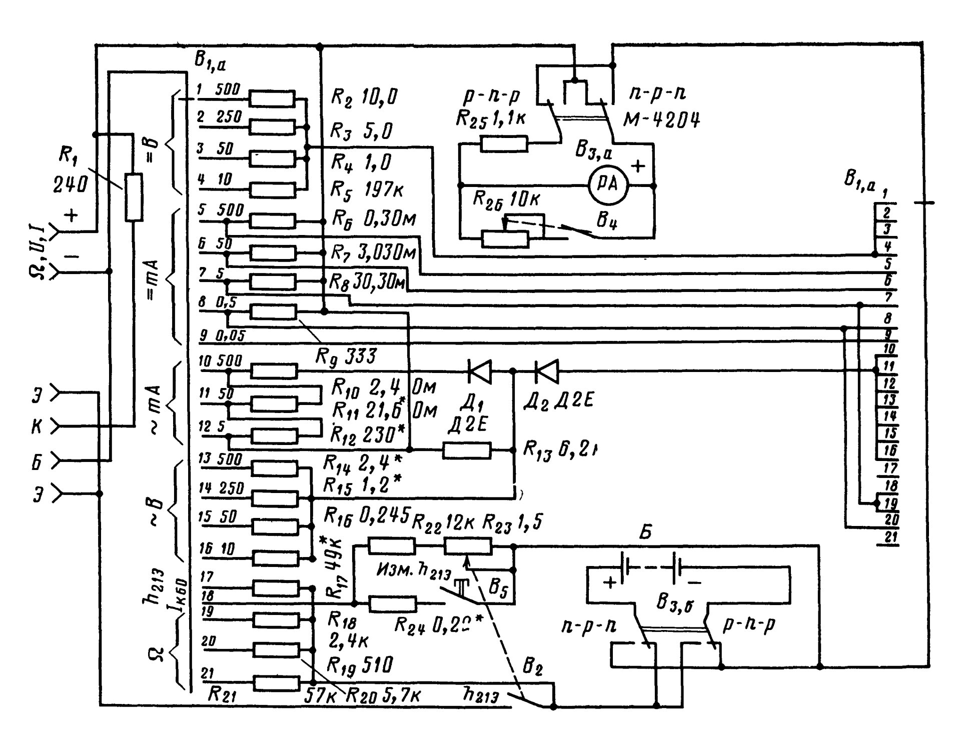


Рис. 8. Принципиальная схема авометра — испытателя транзисторов

Для вольтметра переменного напряжения сопротивление добавочного резистора рассчитывают по формуле

$$R_{\text{д}} = \frac{U_{\text{пр}}}{2{,}2 I_{\text{ин}}} - (R_{\text{ин}} + R_{\text{к}}).$$

Рассчитать сопротивления шунтов для многопредельного миллиамперметра постоянного тока можно по формуле

$$R_{\text{ш}} = (R_{\text{ин}} + R_{\text{к}}) \frac{I_{\text{ин}}}{I_{\text{пр}} - I_{\text{ин}}},$$

где $R_{\text{ш}}$ — сопротивление шунта.

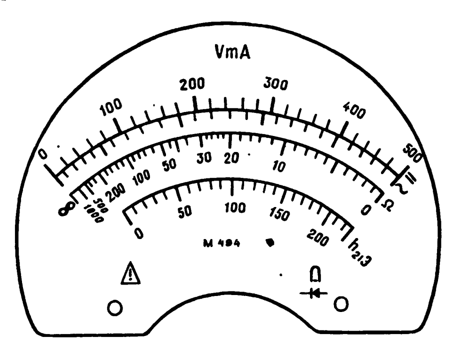


Рис. 9. Шкала прибора.

Для переключения рода работ и пределов измерения предназначен двухплатный переключатель типа ПД-360 (B_1), в качестве переключателя полярности батареи и индикатора B_3 можно использовать переключатель типа МДПВ-1-1В для малогабаритных приемников либо малогабаритный четырехсекционный переключатель галетного типа на два положения. Кнопка B_5 может быть любого типа. Сопряженные с выключателями переменные резисторы R_{23} и R_{26} желательно применять малогабаритные, однако при их отсутствии можно воспользоваться переменными резисторами типа ТК-0,5. В качестве добавочных резисторов удобно использовать резисторы типа МЛТ-0,5 либо ВС-0,25. Резисторы шунтов — проволочные, намотаны константановым (манганиновым) проводом на высокоомных (150—200 кОм) резисторах типа ВС или МЛТ; диаметр провода 0,8—0,1 мм в зависимости от сопротивления шунта (меньшему сопротивлению соответствует больший диаметр провода, так как по нему будет протекать большой ток).

Для исключения неправильной работы авометра при измерениях постоянных и переменных токов и напряжений следует так сблокировать ручку выключателя B_4 с ручкой переключателя пределов измерений B_1, чтобы включить его можно было только в положениях *18—21* переключателя B_1 (см. рис. 1).

Шкала прибора самодельная. Один из возможных вариантов шкалы показан на рис. 9.

Переднюю панель прибора можно изготовить из гетинакса или слоистого пластика толщиной 3—4 мм, к ней прикрепить все элементы управления, нанести соответствующую разметку и надписи, после чего при помощи пульверизатора покрыть бесцветным лаком. Корпус коробки может быть из пластмассы или алюминия.

Настройка прибора и работа с ним. Налаживание прибора заключается в проверке правильности монтажа, подборе добавочных сопротивлений и шунтов.

Порядок наладки прибора такой же, как и авометра ИТТ-1М. Некоторую особенность составляет настройка авометра в режиме измерения $h_{21Э}$ транзисторов. Для подгонки резистора цепи калибровки R_1 (см. рис. 8) надо поставить переключатель B_1 в положение *19* (предел омметра 0—20 кОм), сделать перемычку между гнездами подключения коллектора и между базами проверяемых транзисторов и переменным резистором R_{26} установить стрелку на конец шкалы. При напряжении батареи питания 4,5 В ток калибровки должен быть равен 6 мА, при этом $R_1+R_{19}=810$ Ом. Для подбора R_{24} необходимо, чтобы в положении *18* переключателя B_1 (измерение $h_{21Э}$) и при подключенном транзисторе через этот резистор шел ток 20 мкА.

При измерении напряжения и тока переключатель B_3 должен находиться в положении «*p-n-p*».

Перед измерением сопротивления нужно провести калибровку, т. е. установить нуль шкалы омметра с помощью переменного резистора R_{26} при закороченных щупах.

Измерение коэффициента передачи тока коллектора транзистора надо проводить в следующем порядке: поставить переключатель B_1 в положение *19* и сделать перемычку между гнездами подключения базы и коллектора, переменным резистором R_{26} установить стрелку индикатора на конец шкалы; перевести B_1 в положение *18*; переключатель B_3 поставить в положение, соответствующее структуре проверяемого транзистора; подключить транзистор к гнездам и, вращая ручку переменного резистора R_{23}, вывести стрелку на нуль шкалы $h_{21Э}$ (соответствует 1 мА); нажать кнопку B_5 и произвести отсчет $h_{21Э}$ по шкале прибора.

ПРИСТАВКА К АВОМЕТРУ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ТРАНЗИСТОРОВ

Назначение прибора. Предлагаемое устройство позволяет измерять статический коэффициент передачи тока $h_{21Э}$ в схеме с общим эмиттером транзисторов структур *p-n-p* и *n-p-n* при различных значениях тока коллектора, обратный ток коллекторного перехода $I_{КБО}$ при разомкнутом выводе эмиттера и напряжении на переходе 4,5 В. Возможность измерения $h_{21Э}$ при различных точках коллектора позволяет подбирать пары транзисторов в режиме, близком к рабочему.

Схема и принцип работы приставки. Принципиальная схема прибора приведена на рис. 10. Проверяемый транзистор включен в схеме с общим эмиттером. Переменный резистор R_3 в цепи базы позволяет установить нужный ток коллектора. По определению $h_{21Э}$ равно отношению приращения тока коллектора $\Delta I_К$ к приращению

тока базы $\Delta I_Б$. В данной приставке

$$\Delta I_Б = \frac{E - U_{БЭ}}{R_4} \simeq \frac{E}{R_4},$$

где E — напряжение батареи $Б$; $U_{БЭ}$ — падение напряжения между базой и амиттером. При $E=4{,}5$ В и $R_4=210$ кОм $\Delta I_Б=20$ мкА. Если ток полного отклонения миллиамперметра в цепи коллектора 5 мА, а $h_{21Э}$ измеряют при токе 1 мА, то $\Delta I_{Кмакс}=4$ мА и $h_{21Эмакс}=200$.

Для измерения $h_{21Э}$ в микрорежиме, т. е. при $I_К \leqslant 0{,}1$ мА, надо задавать $\Delta I_К=1$ мкА. Резисторы R_1 и R_2 ограничивают токи

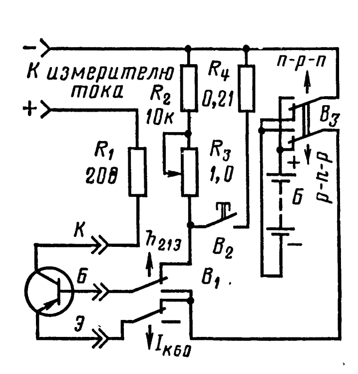


Рис. 10. Принципиальная схема приставки для проверки транзисторов.

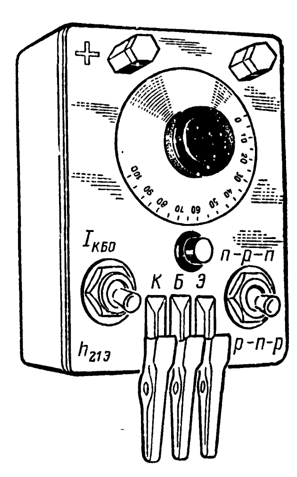


Рис. 11 Внешний вид приставки.

коллектора и базы транзистора. Переключатель B_1 меняет виды измерений, а B_3 — полярность источника питания.

Конструкция и настройка прибора. Приставка смонтирована в небольшом пластмассовом корпусе размерами 85×52×42 мм (рис. 11), в котором также помещены три элемента 332, включенных последовательно. На лицевую панель выведены ручка переменного резистора R_3, два переключателя B_1 и B_3, кнопка B_2, три зажима типа «крокодил» для подключения испытуемого транзистора и два зажима для подсоединения приставки к авометру.

Для установки тока коллектора можно применить любой переменный резистор, например типа СП. Резисторы R_1, R_2 и R_4 — типа УЛМ или МЛТ, причем необходимо обратить внимание на правильный выбор сопротивления резистора R_4.

Приставка проста в изготовлении и наладке. Малое потребление энергии позволяет использовать приставку длительное время без замены источника питания. При длительном хранении приставки не-

обходимо проверить напряжение питания путем измерения его на зажимах — «—» и «Э» при помощи авометра. При этом переключатель B_1 должен стоять в положении «$h_{21Э}$», а переключатель B_3 — в положении «*p-n-p*».

Правила измерений. Параметры транзисторов измеряют следующим образом. Переключатель B_3 ставят в положение, соответствующее структуре поверяемого транзистора (*p-n-p* или *n-p-n*), авометр переводят в режим измерения тока и подсоединяют к соответствующим зажимам приставки. При проверке транзисторов структуры *n-p-n* устанавливают переключатель в соответствующее положение, а щупы авометра меняют местами. Транзистор подключают к зажимам и, поворачивая ручку переменного резистора R_3, устанавливают нужный ток коллектора, например 1 мА. Это значение будет условным нулем шкалы «$h_{21Э}$». Затем нажимают кнопку B_2 и замечают приращение тока по прибору $h_{21Э} = \Delta I_К$ (мкА)/20.

Для измерения $I_{КБО}$ переключатель B_1 ставят в соответствующее положение, миллиамперметр в цепи коллектора переключают на максимальную чувствительность и проводят отсчет $I_{КБО}$ по его шкале.

МАЛОГАБАРИТНЫЙ ВОЛЬТМЕТР НА ТРАНЗИСТОРАХ

Назначение и характеристика прибора. В приборе предусмотрены следующие пределы измерений постоянного и переменного напряжений: 0—2,5; 0—10; 0—50; 0—250; 0—500 В. При правильной регулировке усилителя и тщательном подборе сопротивлений добавочных резисторов погрешность показаний прибора можно свести до 2—3%. Этого вполне достаточно при измерениях напряжений в цепях как ламповой аппаратуры, так и аппаратуры на транзисторах. Прибор может быть использован также в качестве индикатора выхода. Частотный диапазон измерений переменного напряжения 15 Гц — 25 кГц. Входное сопротивление при измерениях постоянного напряжения составляет 100 кОм/В, при измерениях переменного напряжения 30—35 кОм/В. Для питания применены два элемента типа 332, включенных последовательно.

Схема и принцип работы. Принципиальная схема приведена на рис. 12. Прибор состоит из двух основных частей: входного устройства, в состав которого входят переключатель рода работ и пределов измерения с соответствующими добавочными сопротивлениями, и усилителя постоянного тока, выполненного по балансной схеме и снабженного стрелочным индикатором типа М494 (или М2003), полное отклонение стрелки которого соответствует току 100 мкА.

Выбор схемы усилителя постоянного тока обусловлен тем, что параллельно-балансная схема на двух транзисторах обладает более высокой стабильностью в работе. С помощью переменного резистора R_{14} устанавливают нуль вольтметра и включают питание. Переключатель B_2 служит для подключения индикатора к источнику питания при измерении э. д. с. батареи, частичное изменение напряжения которой может быть скомпенсировано изменением сопротивления переменного резистора R_{19} при калибровке. Переменные резисторы R_{11} и R_{12} являются элементами подстройки усилителя тока.

Конструкция и настройка прибора. Прибор смонтирован в пластмассовой коробке размером 165×100×52 мм, на лицевую панель которой выведены все элементы управления. Возможный вариант

конструктивного исполнения прибора показан на рис. 12. Резисторы R_{11} и R_{12} смонтированы внутри коробки и на лицевую панель не выводятся. Входные зажимы являются общими для измерения постоянного и переменного напряжения. Резисторы R_1—R_{10} — типа ВС или МЛТ. Переключение прибора с одного предела на другой осуществляется переключателем B_1 галетного типа (на 2×11 положений). Переключатель B_2 переключает стрелочный индикатор в режим измерения или калибровки. Для этой цели подходит любой малогабаритный переключатель на два положения или обычный тумблер. Диоды $Д_1$ и $Д_2$ типа Д2Е служат для выпрямления переменного напряжения.

На лицевую панель выведены только ручки переключателей B_1 и B_2 и переменных резисторов R_{14} и R_{19}, первый из которых желательно выбрать типа ТК-0,5 (сопряженный с выключателем).

Как любой измерительный прибор, данный вольтметр следует собирать очень внимательно, тщательно подбирать сопротивления добавочных резисторов и другие элементы схемы. Для усилителя постоянного тока нужно подобрать оба транзистора с идентичными параметрами. Статический коэффициент передачи тока $h_{21Э}$ каждого из них не должен быть слишком большим (примерно 30—40).

Для уменьшения влияния температуры окружающей среды на точность показаний и стабильность нуля прибора необходимо принять меры конструктивного характера: поместить транзисторы в медную герметически закрытую коробку, толщина стенок которой должна быть 3—5 мм; коробку обернуть асбестом или другим теплоизоляционным материалом. Внешний вид прибора показан на рис. 13.

При наладке усилителя чувствительность его следует установить подстроечным резистором R_{12} таким сопротивлением, чтобы полное

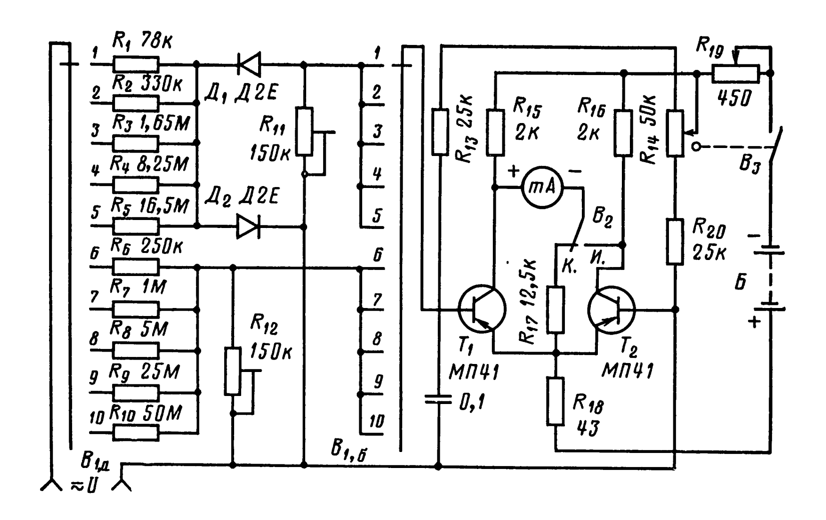


Рис. 12. Принципиальная схема малогабаритного вольтметра на транзисторах.

отклонение стрелки индикатора соответствовало входному току 10 мкА. Регулировка чувствительности усилителя при измерениях переменного напряжения производится резистором R_{11}. Режим работы усилителя выбирают таким, чтобы измерения проводились на линейном участке характеристики транзисторов. Это облегчит градуировку прибора и даст возможность производить отсчет на линейной шкале. Некоторую дополнительную градуировку шкалы для измерения переменного напряжения следует осуществлять в индивиду-

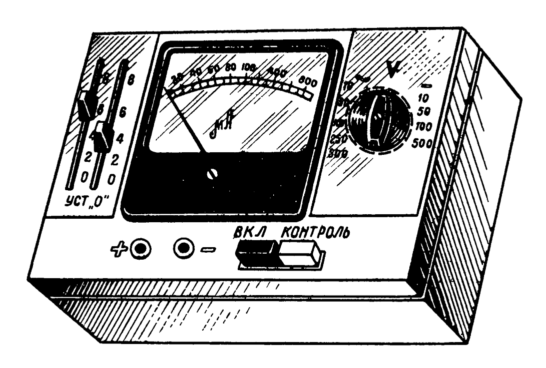


Рис. 13. Внешний вид малогабаритного вольтметра на транзисторах.

альном порядке путем сравнения показаний прибора с показаниями образцового вольтметра.

При изготовлении прибора нужно обратить внимание на правильность монтажа, осторожно припаивать транзисторы, с тем чтобы исключить влияние высокой температуры на их параметры. Добавочные резисторы R_1—R_5 и R_6—R_{10} надо подбирать из двух или нескольких резисторов.

Работа с прибором. Поворотом ручки переменного резистора R_{14} включают питание и устанавливают стрелку индикатора на нуль. Переключают B_2 в положение «Калибровка» и с помощью переменного резистора R_{19} выводят стрелку на конец шкалы. Возвращают переключатель B_2 в положение «Измерение», и, если необходимо, еще раз делают установку нуля. Прибор готов к работе.

ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЕМКОСТЕЙ И СОПРОТИВЛЕНИЙ

Назначение и характеристика прибора. Прибор позволяет измерять сопротивления (от 10 Ом до 10 МОм) и емкости (от 10 пф до 10 мкФ). Питание прибора осуществляется от одной батареи типа КБС-0,5 напряжением 4,5 В. Потребляемый ток не превышает 8—10 мА.

Схема и принцип работы. Принципиальная схема прибора приведена на рис. 14. В состав прибора входят генератор, измерительный мост и индикатор равновесия моста. Измерительный мост состоит из переменного резистора R_7, эталонных резисторов R_3—R_5, эталонных конденсаторов C_3—C_5, резисторов R_6, R_8 и переключателя

пределов измерений B_1. Схемы на рис. 15 поясняют принцип измерения сопротивлений и емкостей. Измеряемое сопротивление R_x (рис. 15, *а*) включено в плечо измерительного моста. В одну диагональ моста в качестве индикатора равновесия включен телефон *Тл*, а в другую — источник переменного напряжения *E*. Поворачивая ручку переменного резистора *R*, добиваются равновесия моста, которое определяется по отсутствию звука в телефоне. В этот момент $R''R_x = R'R_1$ и $R_x = R'R_1/R''$.

Снабдив переменный резистор шкалой и проградуировав ее в единицах сопротивления, получим измеритель сопротивления. Принцип измерения емкостей аналогичен.

Генератор, питающий измерительный мост, выполнен по трехточечной схеме на транзисторе МП39, включенном по схеме с об-

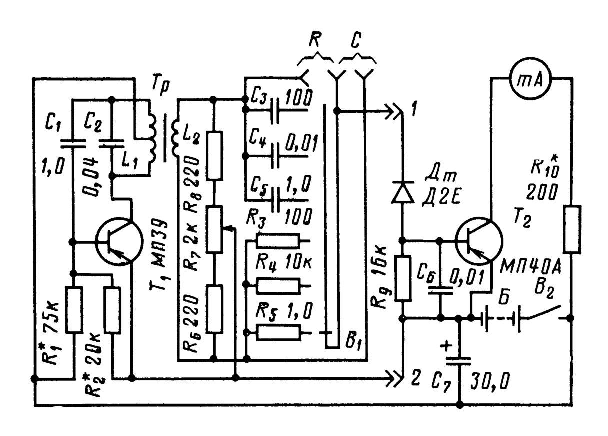


Рис. 14. Принципиальная схема прибора для измерения емкостей и сопротивлений.

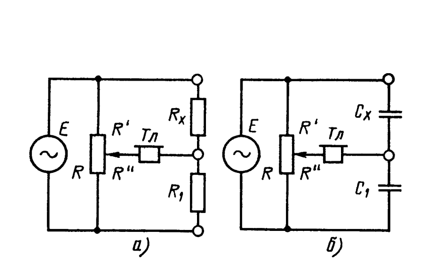


Рис. 15. Схемы, поясняющие принципы измерения сопротивлений (*а*) и емкостей (*б*).

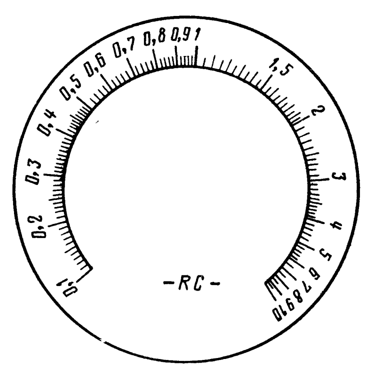


Рис. 16. Шкала прибора.

щим эмиттером. Такой генератор прост в настройке, легко самовозбуждается при сравнительно низком напряжении питания. Изменение напряжения питающей батареи не очень влияет на частоту и амплитуду выходного напряжения. Выходное напряжение снимается со вторичной обмотки трансформатора *Тр*. Частота генерируемых колебаний зависит от емкости конденсатора C_2 и индуктивности катушки L_1, образующих колебательный контур, и равна примерно 400—600 Гц.

Конструкция и настройка прибора. В качестве переключателя пределов измерений и рода работ использован переключатель на шесть положений.

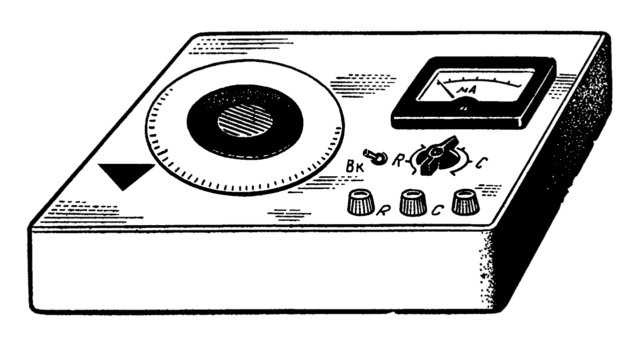


Рис. 17. Внешний вид прибора для измерения емкостей и сопротивлений.

Чтобы обеспечить достаточную точность измерений, нужно подобрать сопротивления резисторов R_3—R_5 и емкостей конденсаторов C_3—C_5 с погрешностью не более 1%. Переменный резистор R_7 лучше всего взять проволочный с линейной характеристикой. Желательно, чтобы витки его были намотаны по возможности плотнее, а сопротивление каждого отдельного витка было как можно меньше. С помощью такого потенциометра удается более точно балансировать мост. Сопротивление этого резистора может быть от 500 Ом до 5 кОм.

Сопротивления резисторов R_6 и R_8 выбирают в соответствии с выражением $R_6=R_8=R_7/9$. Шкалу прибора изготавливают, воспользовавшись магазином эталонных сопротивлений или фотографией шкалы, изображенной на рис. 16.

Прибор размещен в закрывающемся корпусе, что создает удобства при транспортировке и предохраняет элементы прибора от повреждения (рис. 17). Все ручки управления выведены на переднюю панель. Трансформатор *Тр* намотан на сердечнике от трансформатора карманного приемника. Обмотка L_1 содержит 600 витков провода ПЭЛ-0,1 с отводом от 430-го витка, а обмотка L_2 — 450 витков провода ПЭЛ-0,2.

Правила измерений. Работать с прибором нужно в следующей последовательности. Конденсатор или резистор подключают к соответствующим зажимам прибора и переключателем устанавливают нужный поддиапазон измерения. После этого включают питание и, поворачивая ручку переменного резистора R_7, снабженного шкалой,

добиваются минимального звука в телефоне. Это положение соответствует равновесию моста. Сопротивления отсчитывают по отградуированной шкале с учетом множителя.

В качестве индикатора равновесия моста вместо усилителя постоянного тока со стрелочным прибором можно использовать электромагнитный телефон, подключив его к зажимам *1* и *2* (см. рис. 14). Для этой цели также подходит универсальный сигнал-индикатор, описанный ниже.

Упрощенный вариант схемы омметра. На рис. 18 приведена схема двухпредельного омметра, позволяющего измерять сопротивления в пределах 0—500 Ом и 0—50 кОм.

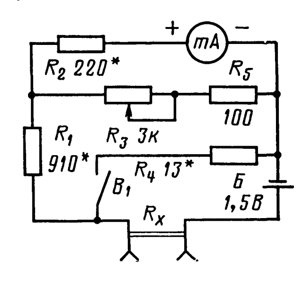


Рис. 18. Схема простейшего двухпредельного омметра.

В отличие от описанного выше прибора коммутация данного устройства предельно проста. Минимальное количество применяемых деталей делает его изготовление доступным начинающим радиолюбителям. Применение стрелочного индикатора с током полного отклонения 1 мА дает возможность изготовить такой прибор в виде приставки к измерительному устройству. Градуировка шкалы омметра производится в соответствии с методикой, приведенной в описании авометра ИТТ-1М.

Переменный резистор R_3 служит для калибровки прибора перед измерениями, а резистор R_4 — в качестве делителя напряжения на участке цепи измерителя при переходе с одного предела на второй. Ввиду значительного потребления тока при измерениях малых сопротивлений в качестве элемента питания желательно применять элемент 373.

Эксплуатация прибора предельно проста: при замкнутых щупах стрелку прибора устанавливают на нулевую отметку поворотом ручки переменного резистора R_3, к входным зажимам подсоединяют измеряемое сопротивление и отсчитывают его по шкале с учетом множителя.

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СИГНАЛ-ИНДИКАТОР

Большую помощь радиолюбителям, занимающимся настройкой и ремонтом приемников, может оказать устройство, с помощью которого проверяют прохождение сигнала в различных цепях.

На рис. 19 изображена схема простейшего устройства, выполненного на транзисторах, посредством которого можно проследить за прохождением сигнала как в высокочастотных, так и в низкочастотных цепях радиоаппаратуры. В состав прибора входит усилитель низкой частоты, на выходе которого включен электромагнитный телефон или малогабаритный громкоговоритель с выходным трансформатором. Для визуального наблюдения за уровнем исследуемого сигнала в приборе предусмотрен малогабаритный стрелочный индикатор, включенный на выходе усилительного каскада. Переключатель B_1 позволяет подключить к выходу усилителя телефон либо стрелочный индикатор. На вход может быть подан через соответствующие зажимы как модулированный высокочастотный сигнал, так

и сигнал звуковой частоты. Чувствительность прибора регулируется переменным резистором R_2. Детектор на входе собран на диоде Д2Е, а усилитель — на трех транзисторах МП41. Малогабаритный стрелочный индикатор магнитоэлектрической системы М-4227 (ток полного отклонения стрелки 100—200 мкА) устанавливается на передней панели прибора.

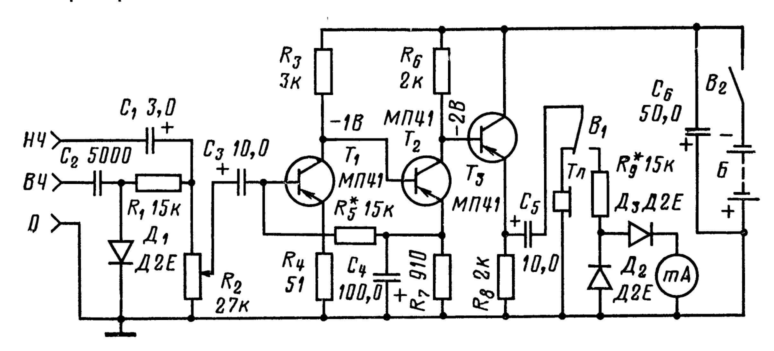


Рис. 19. Схема универсального сигнала-индикатора.

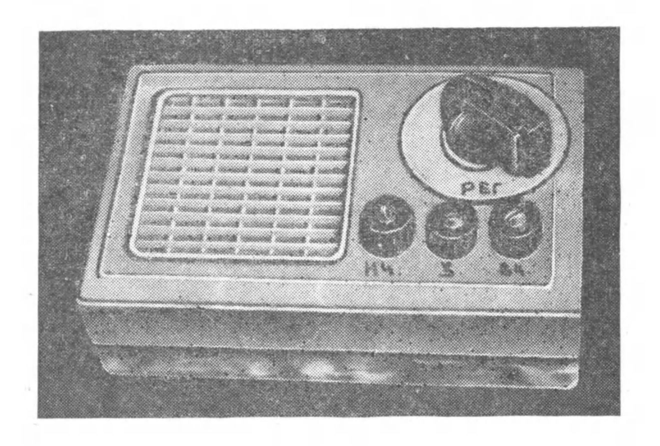


Рис. 20. Внешний вид сигнала-индикатора (без стрелочного прибора).

Наладка усилителя сводится к подбору резистора R_5 такого сопротивления, чтобы напряжение на коллекторе транзистора T_2 было равно —2 В. Прибор собирается в небольшой коробке из пластмассы. Внешний вид прибора показан на рис. 20 (без стрелочного индикатора).

Питание осуществляется от одной батареи КБС-0,5 либо от трех последовательно включенных элементов 332 (в этом случае габари-

ты коробки будут меньше). К прибору можно подсоединить колебательный контур, состоящий из катушки на ферритовом стержне и конденсатора, что даст возможность прослушивать передачи местного вещания и тем самым позволит расширить область применения данного устройства.

МАЛОГАБАРИТНЫЕ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

ИСПЫТАТЕЛЬ МАЛОМОЩНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Назначение и характеристика прибора. Прибор предназначен для измерения статического коэффициента передачи тока транзистора в схеме с общим эмиттером $h_{21Э}$ в пределах 0—200 при обратном токе

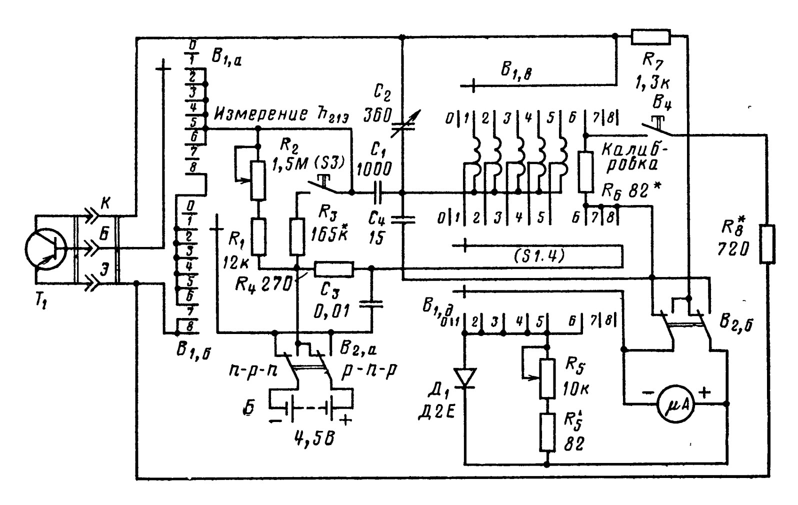


Рис. 21. Принципиальная схема испытателя маломощных транзисторов.

коллекторного перехода $I_{КБО}$ при разомкнутом выводе эмиттера и обратном токе между коллектором и эмиттером $I_{КЭК}$ при короткозамкнутых выводах базы и эмиттера в пределах 0—50 мкА, максимальной частоте генерации $f_{макс}$ в схеме с общим эмиттером от 150 кГц до 30 мГц.

Прибор может быть использован для подбора транзисторов по их основным параметрам, в том числе высокочастотным.

Схема и принцип работы. Принцип работы и взаимодействие отдельных узлов прибора понятны из рис. 21. Подробное описание работы схемы в режиме измерения $h_{21Э}$ было дано при описании авометра ИТТ-1М. Способ измерения $I_{КБО}$ и $I_{КЭК}$ ясен из определения этих параметров, а методику измерения $f_{макс}$ поясняет рис. 22.

Выбор трехточечной схемы генератора с общим эмиттером обусловлен возможностью легкого самовозбуждения без подстройки параметров прибора при испытании практически любого типа транзистора.

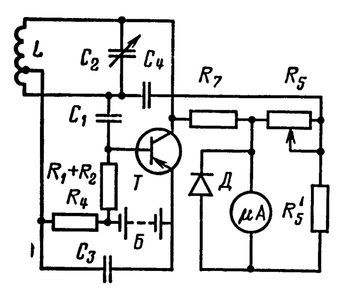


Рис. 22. Схема включения прибора в режиме генерации.

Указанный метод включения транзистора при высокочастотных испытаниях оправдан и тем, что по аналогичной схеме работает большинство гетеродинов в радиоприемниках. Схема с общим эмиттером является наиболее распространенной в радиолюбительской практике. Таким образом, методика испытания транзистора близка к реальным условиям его эксплуатации. Возможность регулировки тока базы позволяет установить оптимальный режим работы, обеспечивающий максимальное усиление проверяемого транзистора в широком диапазоне частот.

Как видно из рис. 22, схема измерения $f_{макс}$ состоит из генератора на проверяемом транзисторе *Т* и детектора высокой частоты, собранного на диоде *Д*, микроамперметре μA и резисторах R_5 и R_5'. Колебательный контур LC_2 определяет частоту генерации, резисторы R_1+R_2 задают ток базы и тем самым ток коллектора. Резистор R_7 уменьшает шунтирование контура детекторной цепью, R_4 ограничивает ток коллектора.

Конструкция и настройка прибора. Прибор собран на базе стрелочного индикатора магнитоэлектрической системы типа М-265, полное отклонение стрелки которого соответствует току 50 мкА.

В качестве калибровочного резистора и резистора для установки нуля шкалы $h_{21Э}$ применены переменные резисторы типа СП соответствующих номиналов. Чтобы не увеличивать размеров корпуса прибора, кнопки B_3 и B_4 следует взять малогабаритные. Переключателем полярности источника питания и стрелочного индикатора служит малогабаритный переключатель типа МДПВ-11-6. Конденсатор расстройки C_2 — с воздушным диэлектриком.

Контурные катушки наматывают на каркасы из гетинакса диаметром 10 мм, внутри которых находятся подстроечные ферритовые сердечники. Катушка L_1 содержит 520 витков провода ПЭЛШО 0,1 с отводом от 147 витка; катушка L_2 содержит 315 витков провода ПЭЛШО 0,28 с отводом от 82 витка; катушка L_3 — 120 витков провода ПЭ-0,26 с отводом от 34 витка; L_4 — 18 витков провода ПЭ-0,6 с отводом от 5 витка; L_5 — 9 витков провода ПЭ-0,8 с отводом от 3,5 витка. Внешний вид прибора показан на рис. 23. Прибор помещен в небольшой металлический корпус, на лицевую панель которого выведены все органы управления и стрелочный индикатор.

Необходимо очень тщательно выполнить монтаж, избегать длинных соединений, конденсатор настройки, переключатель и контурные катушки необходимо сосредоточить в одном месте.

Настройка прибора заключается в дополнительной подгонке сопротивлений шунта R_6, калибровочного резистора R_8 и резистора R_3 в цепи базы. При правильном подборе R_6 ток полного отклонения

миллиамперметра в цепи коллектора транзистора равен 6 мА, когда сопротивление переменного резистора R_5 равно нулю. Сопротивление R_8 подгоняют при том же положении движка R_5 и напряжении питания 4,5 В при условии отклонения стрелки индикатора на всю шкалу. Сопротивление резистора R_3 соответствует $\Delta I_Б = 25$ мкА.

Градуировать шкалу прибора при измерении максимальной частоты генерации удобно с помощью гетеродинного волномера. Если

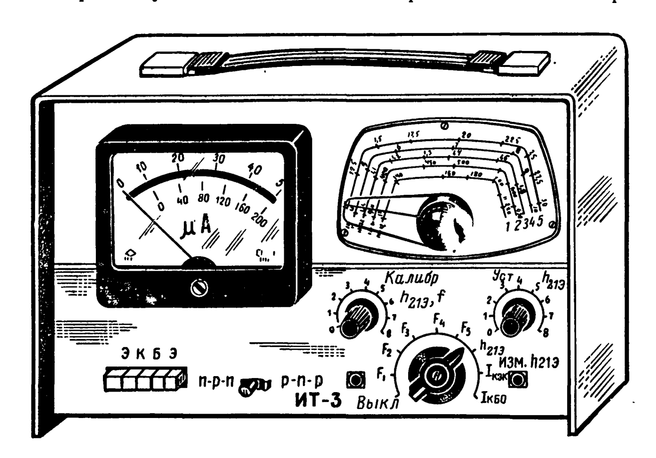


Рис. 23. Внешний вид испытателя маломощных транзисторов.

же его нет, то прибор можно проградуировать по хорошо настроенному радиоприемнику. Высокочастотные выводы прибора (с коллектора испытуемого транзистора через конденсатор 10—15 пФ) необходимо присоединить к гнездам приемника «А» и «З» (антенна и шасси). При проведении настроечных работ для обеспечения генерации в широком диапазоне частот следует применять заведомо исправный высокочастотный транзистор.

Правила измерений. При измерении статического коэффициента передачи тока переключатель рода работ ставят в положение «$h_{21Э}$», а переключатель B_2 — соответственно типу испытуемого транзистора (*p-n-p* или *n-p-n*). При нажатой кнопке «Калибр $h_{21Э}$» с помощью переменного резистора R_5 добиваются полного отклонения стрелки индикатора. После этого подсоединяют и проверяемый транзистор к соответствующим зажимам и вращением ручки переменного резистора R_2 устанавливают нуль шкалы $h_{21Э}$. Нажатием кнопки «Изм. $h_{21Э}$» определяют $h_{21Э}$ по шкале индикатора. Измерения $I_{КБО}$ и $I_{КЭК}$ производят в положениях переключателя рода работ *7* и *8* соответственно.

Определение максимальной частоты генерации. Ставят переключатель рода работ в положение, соответствующее диапазону самых низких частот. Поворотом ручки переменного резистора R_2 добива-

ются возникновения генерации. Наличие высокочастотных колебаний определяют по индикатору.

Чувствительность индикатора на высокой частоте регулируют переменным резистором R_5. Поворотом ручек переменного конденсатора и переключателя диапазонов частот добиваются срыва колебаний и производят отсчет $f_{макс}$ по шкале C_2.

ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МОЩНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Назначение и характеристика прибора. Описываемый ниже прибор предназначен для измерения статического коэффициента передачи тока $h_{21Э}$ в схеме с общим эмиттером при токах коллектора 0—1 А, 0—100, 0—100 мА и базы соответственно 0—100, 0—10, 0—1мА. Обратный ток между коллектором и эмиттером $I_{КЭК}$ при короткозамкнутых выводах базы и эмиттера $I_{КЭК}$ 0—10 мА и 0—1 мА при $U_{КЭ}$ =4,5 В. Обратный ток коллекторного перехода при разомкнутом выводе эмиттера $I_{КБО}$ 0—1 мА и 0—0,1 мА при $U_{КБ}$ =4,5 В.

Питание прибора осуществляется от двух батарей КБС-0,5, включенных параллельно, или трех последовательно включенных элементов 373.

Схема и принцип работы. Принципиальная схема прибора сравнительно проста и содержит малое количество элементов (рис. 24). В отличие от приборов аналогичного назначения, описанных выше, в данном приборе вместо фиксированных приращений токов базы предусмотрена возможность плавной регулировки тока, а включение в цепи коллектора и базы отдельных измерителей тока дает возможность одновременно фиксировать изменения токов цепи коллектора и цепи базы. Переход с одного предела измерений на другой осуществляется переключателем B_1. Кнопка B_3 отключает шунт от стрелочного индикатора при небольших значениях $I_{КБО}$. Переключатель B_2 меняет полярности батареи питания и стрелочных индикаторов. Диоды $Д_1$ и $Д_2$, подключенные к стрелочному индикатору большой чувствительности, предохраняют его от перегрузки. Переменные резисторы R_5 и R_6 предназначены для плавной регулировки тока базы на соответствующих пределах измерений. Принцип работы и взаимодействие отдельных элементов и узлов, входящих в состав прибора, видны из схемы.

Конструктивно прибор выполнен в открывающейся малогабаритной эбонитовой коробке, снабженной ручкой. Лицевую панель изготавливают из гетинаксовой пластинки и на ней устанавливают все элементы управления, а также стрелочные индикаторы. Эскиз передней панели прибора приведен на рис. 25. Прибор в основном собран из стандартных деталей, самостоятельно изготовлены коробка и шунты к миллиамперметрам. Чтобы сделать прибор малогабаритным, следует ограничиться применением индикаторов типа М284 и М282 (первый на 100 мА, а второй на 100 мкА). Возможно применение в качестве второго индикатора стрелочного прибора типа М283К. Переменные резисторы R_5 и R_6R_7 следует выбирать на мощность рассеивания 1—5 Вт. В качестве переключателя полярности батареи и стрелочных индикаторов может быть применен переклю-

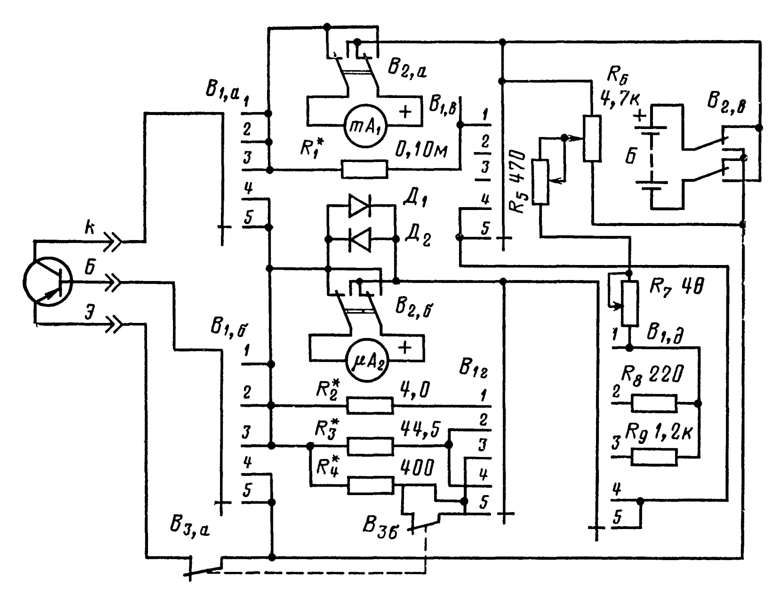


Рис. 24. Принципиальная схема прибора для измерения параметров мощных транзисторов.

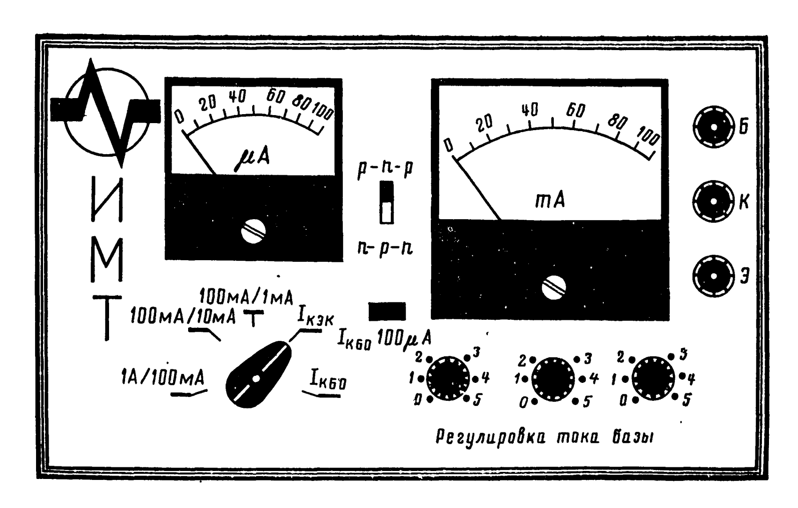


Рис. 25. Эскиз передней панели прибора.

чатель от карманного приемника «Селга» или другой ему подобный.

Работа с прибором проста: установить переключатели рода работ B_1 и типа транзистора B_2 в соответствующие положения при полностью введенном сопротивлении переменного резистора R_5 и в нижнем положении движка R_6 и подключить испытуемый транзистор. Плавным поворотом ручек переменных резисторов (сначала R_6, а потом R_5R_7) увеличивать ток базы, следя за показаниями обоих приборов до тех пор, пока ток коллектора не достигнет нужного значения. Заметить значение $I_Б$ и дать малое приращение $\Delta I_Б$. Отсчитать $\Delta I_К$ и определить $h_{21Э}=\Delta I_К/\Delta I_Б$. При больших $I_К$ необходимо следить за тем, чтобы транзистор не перегревался, в некоторых случаях испытуемый транзистор следует снабдить радиатором.

Измерение $I_{КЭК}$ следует производить в положении *4* переключателя рода работ по шкале 0—10 мА прибора mA_2. Для измерения $I_{КБО}$ переключатель рода работ устанавливают в положение *5*, нажимают кнопку и производят отсчет по шкале 0—1 мА того же прибора. При малых значениях $I_{КБО}$, нажимая кнопку B_3, можно также измерить ток $I_{КБО}$ на пределе 0—100 мкА.

ТРАНЗИСТОРНЫЙ *Q*-МЕТР

Промышленные измерители добротности контурных катушек, как правило, весьма сложны по конструкции и настройке, приобретение же готовых приборов затруднительно. Сравнительно простой *Q*-метр [10] позволяет измерять добротность катушек индуктивности на частотах 0,45—1,2; 1,2—3,6; 3,6—10,5 и 0,5—29 МГц с достаточной для радиолюбительской практики точностью. Питание прибора осуществляется от двух батарей типа КБС-0,5, включенных последовательно.

Принцип работы и схема прибора. Как известно, напряжение на параллельном резонансном контуре при возбуждении его от внешнего генератора частоты $f_г$ меняется по закону

$$U = \frac{U_р}{\sqrt{1+\left(Q\frac{2\Delta f}{f_р}\right)^2}},$$

где $U_р$ — напряжение на контуре на частоте резонанса $f_р$: Q — добротность контура; $f_р = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ и $\Delta f = f_г - f_р$.

Зависимость $U(f)$ приведена на рис. 26, *а*. В момент, когда $2\Delta f/f_р = 2\Delta f_0/f_р = 1/Q$, $U = U_0 = U_р/\sqrt{2} \approx 0{,}71U_р$.
Обычно $\Delta f_0 \ll f_р$ и при постоянной индуктивности контура L

$$\Delta f_0 \approx \frac{df_р}{dC}\Delta C = f_р\frac{\Delta C_0}{C_0},$$

где C_0 — емкость контура в момент резонанса; ΔC_0 — изменение емкости C_0, необходимое для расстройки контура на частоту Δf_0.

Отсюда следует, что

$$Q = \frac{f_p}{2\Delta f_0} \approx \frac{C_0}{2\Delta C_0}.$$

Рис. 26, *б* поясняет этот принцип измерения Q. Проверяемая катушка L подключается параллельно конденсатором C_0 и ΔC_0 последовательно с резистором R, сопротивление которого должно быть мало, чтобы добротность контура заметно не уменьшилась. Генератор возбуждает контур, а индикатор позволяет судить о высокочастотном напряжении на контуре. Уменьшив емкость ΔC_0 до нуля, с помощью C_0 настраиваем контур в резонанс. Этот момент определяется по максимальному отклонению стрелки индикатора. Зафиксировав емкость C_0, с помощью ΔC_0 расстраиваем контур до уменьшения показаний индикатора на 29% от положения резонанса. Отсчитав по соответствующим шкалам C_0 и ΔC_0 находим:

$$Q = \frac{C_0}{2\Delta C_0}.$$

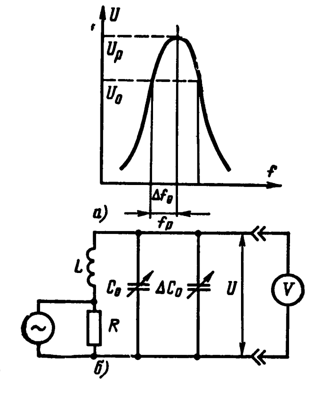


Рис. 26. Кривая резонанса (*а*) и упрощенная схема измерения добротности контура (*б*).

Принципиальная схема Q-метра приведена на рис. 27. Высокочастотный генератор выполнен на транзисторе T_1 по схеме с общей базой.

Конденсатор C_3 создает обратную связь, необходимую для самовозбуждения генератора. В цепь коллектора T_1 включены переменный конденсатор C_5 и контурные катушки L_1—L_4. Переменный резистор R_4 нужен для установки рабочего тока транзистора T_1 при настройке прибора. Переключение с одного поддиапазона на другой производится переключателем B_1.

Высокочастотный сигнал снимается с эмиттера транзистора T_1 и через разделительный конденсатор C_6 подается на базу транзистора T_2, служащего для усиления мощности высокой частоты.

Регулировка уровня высокочастотного сигнала, подаваемого на измерительную цепь, осуществляется потенциометром R_5, который меняет ток базы транзистора. Конденсаторы переменной емкости C_{12} и C_{13} соответствуют C_0 и ΔC_0 на рис. 26. Конденсаторы C_{15} и C_{16} уменьшают шунтирующее действие эмиттерного повторителя T_4 на исследуемый контур. Усиленное по мощности транзистором T_4 высокочастотное напряжение детектируется диодами $Д_1$ и $Д_2$ и поступает на базу транзистора T_2, который усиливает выпрямленный сигнал. Переменный резистор R_2 предназначен для установки нуля усилителя постоянного тока.

Конструкция и настройка прибора. Прибор собирается в небольшом металлическом корпусе, габаритные размеры которого в

основном определяются размерами шкал и стрелочного индикатора. Возможный вариант конструкции показан на рис. 28. На лицевую панель выведены все основные органы управления, стрелочный индикатор и шкалы частот генератора, конденсаторов C_{12} (C_0) и C_{13} (ΔC_0). Для экономии места шкала конденсатора C_5 (см. рис. 28)

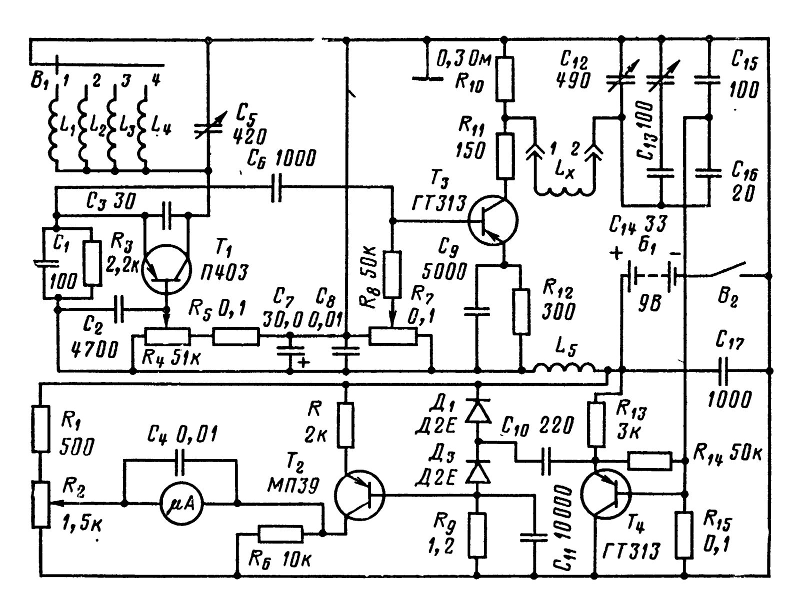


Рис. 27. Принципиальная схема транзисторного Q-метра.

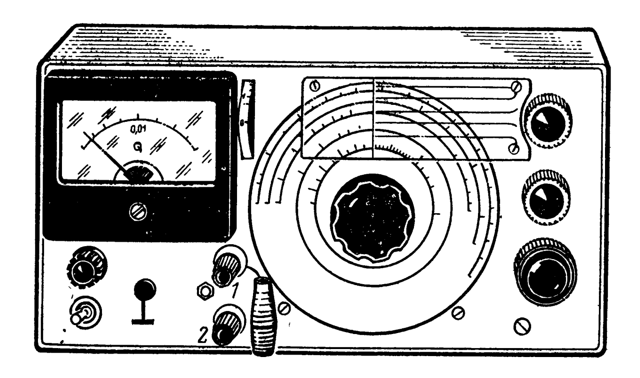


Рис. 28. Внешний вид Q-метра.

установлена на общей оси с конденсатором C_{12} и соединена с осью конденсатора C_5 посредством верньерного устройства. При монтаже прибора необходимо установить в одном месте все элементы, входящие в состав генератора высокочастотных колебаний. Переменные резисторы регулировки усиления R_7 и установки нуля вольтметра R_2 — типа СП. Транзисторы T_3 и T_4 типа ГТ313 можно заменить на П403, если исключить диапазон частот 10,5—29 мГц. Индикатор—типа М94 или М-4204, чувствительностью 100 мкА. Индуктивности катушек L_1—L_4 соответственно равны: 287, 47, 16 и 5,8 мкГ.

Генератор высокой частоты необходимо отградуировать по генератору стандартных сигналов или волномеру. Методика проведения настроечных работ приведена в описании генератора ВЧ сигналов на транзисторах.

Шкалы C_{12} и C_{13} (ΔC_0) калибруют с помощью набора конденсаторов $C_{эт}$, емкость которых известна с точностью не хуже $\pm 5\%$. Для этого вывод C_{12} надо отсоединить от зажима *2* катушки L_x и вывести его из корпуса прибора, поставить C_{13} в положение минимальной емкости, включить прибор и сделать установку нуля индикатора. К зажимам *1* и *2* подключить катушку индуктивностью 20—50 мкГ, а между зажимом *2* и корпусом прибора — эталонный конденсатор $C_{эт}$ емкостью от 20 до 500 пФ. Установить ручку R_7 в среднее положение и с помощью органов настройки настроить генератор на частоту контура, регулируя R_7 так, чтобы стрелка индикатора отклонялась до конца шкалы. Отключить $C_{эт}$ от зажима *2* и подключить на его место вывод C_{12}. Не трогая других органов настройки, поворотом ручки C_{12} снова найти положение резонанса, и на шкале C_{12} поставить риску, соответствующую емкости конденсатора $C_{эт}$. Таким же способом провести градуировку C_{12} при других емкостях $C_{эт}$. Конденсатор С13 калибруют аналогично с помощью эталонных емкостей от 2 до 30 пФ.

Для калибровки индикатора установить стрелку вольтметра на нуль, а на базу транзистора T_4 подать высокочастотное напряжение частотой 1 МГц от генератора стандартных сигналов такого значения, при котором стрелка индикатора отклонится до предельного значения. После этого входное напряжение уменьшить на 29% и отметить точку на шкале прибора. В дальнейшем этой меткой надо пользоваться при измерениях.

Правила измерений. Работать с прибором необходимо в следующей последовательности. Включить питание прибора, переменным резистором R_2 установить стрелку индикатора на нуль и ко входным зажимам L_x подсоединить испытуемую катушку, добротность которой необходимо измерить, с помощью переключателя диапазонов B_1 и конденсатора C_5 установить нужную частоту. Поставить ручку C_{13} в положение минимальной емкости и при среднем положении ручки R_7, изменяя емкость C_{12}, настроить контур L_xC_{12} в резонанс. В этот момент стрелка индикатора будет резко отклоняться от нуля. Нужно учитывать возможность настройки на какую-либо из гармоник, что тоже вызывает отклонение стрелки, но на меньший угол. На резонансной частоте наибольшие показания индикатора при самом малом усилении. В этот момент поворотом ручки R_7 установить стрелку индикатора на конец шкалы. Зафиксировав положение C_{12}, поворотом ручки C_{13} вывести стрелку на калибровочную отметку и определить добротность катушки по формуле для Q (см. стр. 29), где C_0 считывается со шкалы C_{12}, а ΔC_0 — со шкалы C_{13}.

Q-метр можно использовать для измерения индуктивности в пределах от 1 до 500 мкГ и в качестве генератора немодулированных высокочастотных колебаний. В этом случае сигнал надо снимать с резистора R_{10}.

ГЕТЕРОДИННЫЙ ИНДИКАТОР РЕЗОНАНСА НА ТРАНЗИСТОРАХ

Назначение прибора. Прибор позволяет настраивать контуры и измерять частоту генераторов в диапазоне от 0,5 до 8 МГц, а также измерять емкость при известной индуктивности и индуктивность при известной емкости по частоте резонанса контура.

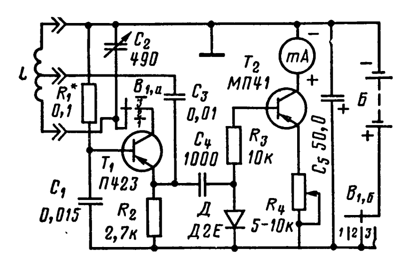


Рис. 29. Принципиальная схема гетеродинного индикатора резонанса на транзисторах.

Схема и принцип работы прибора. На рис. 29 приведена схема простого гетеродинного индикатора резонанса, выполненного на двух транзисторах. Благодаря простоте конструкции прибор легко может повторить начинающий радиолюбитель.

Принцип работы прибора поясняет схема на рис. 29. Высокочастотный генератор, выполненный на транзисторе T_1, настраивается на нужную частоту конденсатором переменной емкости C_2 и одной из катушек набора L_1—L_4. Высокочастотные колебания генератора детектируются диодом $Д$ и усиливаются однокаскадным усилителем, выполненным на транзисторе T_2, в коллекторную цепь которого включен стрелочный индикатор. При наличии генерации стрелка индикатора отклоняется, причем угол отклонения ее зависит от высокочастотного сигнала на контуре LC_2. Если катушку контура генератора индуктивно связать с каким-либо контуром, то при настройке генератора на частоту испытуемого контура наблюдается заметное поглощение энергии, определяемое по резкому уменьшению показаний индикатора. С помощью конденсатора C_2, снабженного шкалой, легко можно определить резонансную частоту испытуемого контура.

Как видно из принципиальной схемы, транзистор T_1 включен по схеме с общей базой. Конденсатор C_3 создает обратную связь, необходимую для возникновения генераций, R_1 задает нужный ток базы.

Транзистор T_2 работает в режиме усилителя постоянного тока без смещения на базе и при отсутствии высокочастотного сигнала ток в цепи коллектора почти не протекает. Коэффициент усиления, т. е. чувствительность индикатора, регулируется переменным резистором R_4, включенным в цепь эмиттера. Резистор R_3 уменьшает шунтирующее действие входной цепи на контур гетеродина транзистора T_2.

Переключатель B_1 — галетного типа на три положения, служит для выключения питания и переключения рода работ. В положении

1 переключателя *В* прибор выключен. В положении *2* прибор работает как гетеродинный индикатор резонанса, а в положении *3* — как волномер (генератор выключен).

Конструкция и настройка прибора. При сборке прибора особое внимание следует обратить на выполнение монтажных работ. Элементы, входящие в состав прибора, следует располагать так, чтобы генератор размещался в непосредственной близости от разъема для съемных катушек и переключателя рода работ. Соединительные провода должны иметь минимальную длину.

Для обеспечения нормального режима работы генератора на всех частотах необходимо, чтобы транзистор T_1 имел коэффициент передачи тока $h_{21Э}$, равный 60—80.

В предлагаемом приборе для перекрытия частот от 0,5 до 8 МГц применены катушки, намотанные на каркасы диаметром 6 мм с ферритовыми сердечниками. Катушка L_1 имеет 130 витков с отводом от 35 витка проводом ПЭЛШО 0,1 внавал, L_2 — 60 витков того же провода с отводом от 15 витка, L_3 — 30 витков провода ПЭЛШО 0,25 с отводом от 10 витка, L_4 — 15 витков проводом ПЭЛШО 0,30 с отводом от 5 витка, L_3 и L_4 наматывают в два ряда. Катушка L_1 обеспечивает перекрытие по частоте от 0,5 до 1,0 МГц, катушка L_2 — от 1 до 2 МГц, L_3 — от 2 до 4 МГц и L_4 — от 4 до 8 МГц. Катушки удобно крепить на цоколе восьмиштырьковой лампы.

Градуировку прибора выполняют с помощью генератора стандартных сигналов. При этом к выходу эталонного генератора подключают катушку связи (5—6 витков диаметром 6—7 мм). Приблизив катушку связи к соответствующей катушке генератора и следя за показаниями индикатора, производят градуировку шкалы каждого поддиапазона.

Прибор размещен в металлическом корпусе размером 55×90×230 мм, на лицевой панели которого установлены органы управления, шкала и стрелочный индикатор, например М-41, с током отклонения стрелки 1 мА. В верхней боковой части находится ламповая панелька для подключения съемных катушек. Питание прибора осуществляется от батареи типа КБС-0,5, расположенной внутри корпуса. Хорошо налаженный генератор индикатора резонанса может оказать большую помощь радиолюбителям при налаживании различных высокочастотных цепей радиоаппаратуры.

СИГНАЛ-ГЕНЕРАТОР НА ТРАНЗИСТОРАХ

Назначение и характеристика прибора. Прибор генерирует высокочастотные модулированные колебания в диапазонах 150—1500; 0,5—1,5; 4,5—10,0 и 10—25 МГц. Частота модуляции 400—600 Гц. Пределы напряжения установки выходного напряжения 0—100 и 0—1 мВ. Генератор позволяет проводить настройку радиоприемников и грубо определять их чувствительность. Питается прибор от батареи типа КБС-0,5 напряжением 4,5 В или от трех последовательно соединенных элементов 332. Ток, потребляемый прибором, не превышает 10—12 мА.

Схема и принцип работы. Принципиальная схема прибора приведена на рис. 30. Высокочастотный генератор собран на транзисторе T_2 по схеме с общим эмиттером. При помощи переключателя B_1 осуществляется переход с одного поддиапазона на другой путем подключения к конденсатору настройки C_8 соответствующих катушек индуктивности L_1—L_4. Выбор трехточечной схемы позво-

ляет добиться генерации с контурами малой добротности и уменьшить чувствительность генератора к изменению напряжения питания.

Оптимальный режим работы высокочастотного генератора обеспечивается подбором резистора R_4. Резисторы R_3 и R_6 обеспечивают температурную стабилизацию режима генератора. Высокочастотный выходной сигнал снимается с коллектора транзистора T_2 и через разделительный конденсатор C_{11} и резистор R_7 подается на делитель напряжения R_8—R_{10}. Переменный резистор R_8 служит для плавной регулировки выходного сигнала. Высокочастотный сигнал

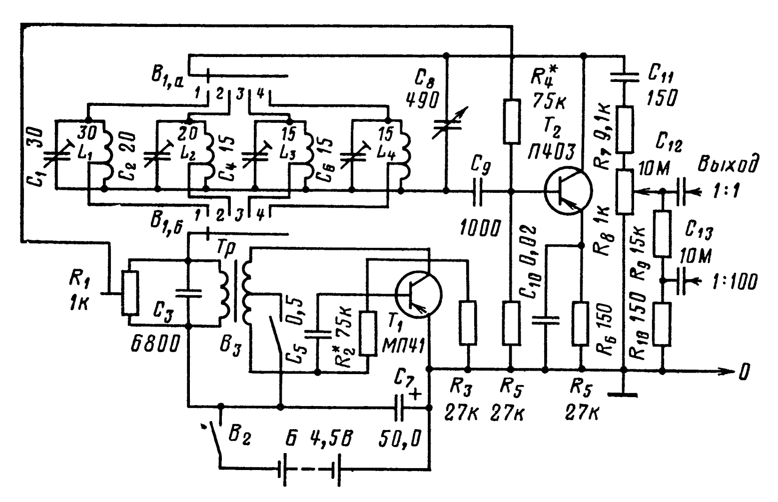


Рис. 30. Принципиальная схема генератора сигналов на транзисторах.

модулируется напряжением звуковой частоты генератора синусоидальних колебаний, собранного на транзисторе I_1.

Питание высокочастотного генератора осуществляется через вторичную обмотку выходного трансформатора, соотношение числа витков обмоток которого определяет коэффициент модуляции. Режим работы генератора низкой частоты осуществляется подбором сопротивления резистора R_2. Частоту низкочастотных колебаний подбирают в пределах 400—600 Гц изменением емкости C_7.

Конструкция и налаживание прибора. Прибор смонтирован в небольшой металлической коробке для уменьшения паразитного излучения сигнала. На переднюю панель, окрашенную нитролаком, выведены ручки управления и шкала частот. Контурные катушки намотаны на каркасах диаметром 8 мм, внутри которых ввинчены подстроечные ферритовые сердечники. Обмоточные данные катушек: L_1 — 300 витков проводом ПЭЛШО 0,15—0,20, отвод от 49 витка, L_2 — 90 витков проводом ПЭЛШО 0,25—0,30 (по возможности литцендратом 10×0,05 мм), отвод от 27 витка; L_3 — 18 витков проводом ПЭЛ 0,8 мм, отвод от 6 витка и L_4 — 9,5 витка проводом ПЭЛ

0,9—1,0 мм, отвод от 3 витка. Первые две катушки наматывают на каркас многослойной намоткой, последние две — в один слой. Конденсатор переменной емкости C_8 малогабаритный с воздушным диэлектриком. Переключатель B_1 галетного типа, керамический, на 2×5 положений.

Для высокочастотного генератора следует взять транзистор T_2 типа П403 или любой другой, обеспечивающий предельную частоту генерации до 150—200 МГц. Транзистор звукового генератора — типа МП41 с $h_{21Э}$ не менее 30—40 и $I_{КБО}$ не более 10—20 мкА. Можно применить низкочастотный транзистор другого типа. Трансформатор *Тр* — согласующий, от транзисторного приемника. При монтаже надо уделить особое внимание размещению контуров, конденсатора переменной емкости C_8 и транзистора T_2. Их следует расположить так, чтобы все высокочастотные цепи были в одной части прибора, соединительные проводники имели минимальную длину и не проходили параллельно. Этим добиваются уменьшения паразитных емкостей и связей. Высокочастотный блок прибора нужно экранировать, а выходное напряжение к настраиваемому устройству подводить по коаксиальному кабелю.

Наладка прибора заключается в правильном подборе режима транзисторов обоих генераторов. Начинать надо со звукового генератора, а питание высокочастотного генератора нужно отключить. Наличие генерации можно проверить при помощи вольтметра переменного напряжения или усилителя низкой частоты, подключив его к выводам вторичной обмотки трансформатора *Тр*. Для некоторой регулировки частоты колебаний можно подобрать величину конденсатора C_3, включенного параллельно вторичной обмотке трансформатора. Величину резистора R_2 следует подобрать с таким расчетом, чтобы напряжение на выходе имело форму, близкую к синусоидальной.

После наладки звукового генератора подключить питание к генератору высокочастотных колебаний. Установить режим работы транзистора T_2 таким, чтобы генерация не срывалась ни на одном из диапазонов. Это достигается подбором сопротивления резистора R_4.

Градуировку прибора радиолюбителю можно сделать при помощи хорошо налаженного приемника. Глубину модуляции подобрать примерно 30—40% регулировкой подстроечного резистора R_1. Выход высокочастотного генератора соединить со входом приемника, подобрать выходной сигнал по минимальным искажениям и приступить к настройке. Порядок градуировки такой: добиваются перекрытия частоты первого диапазона от 150 кГц до 0,5 МГц, второго — от 0,5 до 1,5 МГц, третьего — от 4,5 до 10 МГц и четвертого — от 10 до 20—25 МГц. Грубую подгонку диапазона осуществляют уменьшением или увеличением числа витков контурных катушек, а более точную подстройку — вращением ферритовых сердечников катушек и изменением емкости подстроечных конденсаторов C_1, C_2, C_4 и C_6 Подстройку каждого поддиапазона на верхнем пределе частоты проводят подстроечными конденсаторами, а на нижнем пределе — ферритовыми сердечниками. Удобнее настраивать генератор гетеродинным волномером, позволяющим производить градуировку на всем диапазоне с большой точностью

Следует отметить, что прибор при всех своих достоинствах (простота конструкции, минимальное количество комплектующих деталей, небольшие габаритные размеры и др.) обладает некоторыми

недостатками, которые без дополнительных усложнений схемы трудно устранить. В частности, существенным недостатком транзисторных генераторов является возникновение паразитной частотной модуляции наряду с амплитудой при подаче модулирующего напряжения в цепь питания транзистора генератора высокой частоты. Лучших результатов можно достичь, если модулировать высокочастотный сигнал после задающего генератора (в усилителе высокой частоты).

Второй вариант прибора. Генератор предназначен для настройки высокочастотных трактов любительских радиовещательных приемников, усилителей промежуточной частоты, сопряжения диапазонов по частоте, настройки входных контуров, проверки чувствительности в любой точке каждого диапазона.

Основные технические характеристики генератора: диапазоны частот 150—350 и 340—800 кГц; 0,780—2, 4,5—11 и 8,5—25 МГц; погрешность градуировки по частоте — не более $\pm 5\%$ установленного значения; выходной сигнал модулируется прямоугольными импульсами частотой 1000 ± 150 Гц, глубина модуляции 20—40%; уровень выходного высокочастотного сигнала плавно регулируется от 0 до 50 ± 25 мВ; внешний аттенюатор содержит четыре ступени деления напряжения с коэффициентом передачи каждой ступени 1:10, при этом выходное сопротивление первой ступени 270 Ом, а остальных 30 Ом; питание — от батарей типа КБС-0,5 (3 шт.), потребляемый ток — не более 50 мА.

Генератор состоит из задающего генератора радиочастотных сигналов, мультивибратора — генератора НЧ, модулятора, выходного аттенюатора, стабилизатора питания.

Схема второго варианта генератора представлена на рис. 31. Задающий генератор радиочастотных сигналов собран на высокочастотном транзисторе T_3 (типа П416А) по схеме индуктивной трехточки с общей базой. Положительная обратная связь, необходимая для самовозбуждения генератора, осуществляется через конденсатор C_{15} и резистор R_{11}. Начальное смещение базы задается делителем напряжения на резисторах R_9, R_{10}. Резистор R_{12} служит для температурной стабилизации режима транзистора T_3. Частота колебаний задается колебательным контуром, который (в зависимости от поддиапазона) образуется одной из катушек индуктивности L_1—L_5 и соответствующими конденсаторами. Конденсатор переменной емкости C_1 осуществляет плавную регулировку частоты на каждом поддиапазоне. Конденсатор C_{13} предназначен для развязки цепи базы транзистора по высокой частоте.

Мультивибратор НЧ собран на транзисторах T_1, T_2 (типа МП42А). Он вырабатывает колебания прямоугольной формы частотой 1000 ± 150 Гц и амплитудой около 9 В. Собственно модулятор выполнен на элементах R_6—R_8, C_{11}, C_{16}, $Д_1$ и работает следующим образом: резисторы R_6, R_7, R_{13}, R_{14}, конденсаторы C_{11}, C_{16} и диод $Д_1$ образуют делитель, подключенный через конденсатор C_{10} к колебательному контуру задающего высокочастотного генератора. В тот момент, когда транзистор T_2 открыт и диод $Д_1$ закрыт, с резистора R_{13} снимается примерно 1/20 часть высокочастотного напряжения, что составляет 0,05—0,1 В. При закрывании транзистора T_2 диод $Д_1$ отпирается, и высокочастотный сигнал шунтируется малым сопротивлением диода и конденсатора C_{16}. Степень шунтирования подобрана так, что обеспечивается глубина модуляции около 30%. Цепочка R_7, C_{11}, подключенная параллельно резистору R_6, служит для выравнивания

нивания коэффициента передачи управляемого делителя во всем диапазоне рабочих частот.

Высокочастотный модулированный сигнал, снимаемый с R_{13}, через конденсатор C_{17} поступает на переменный резистор R_{15}, с помощью которого уровень выходного сигнала может плавно регулироваться от 0 до 50 мВ. Внешний аттенюатор R_{17}—R_{23} делит выходной сигнал в 10, 100, 1000, 10 000 раз.

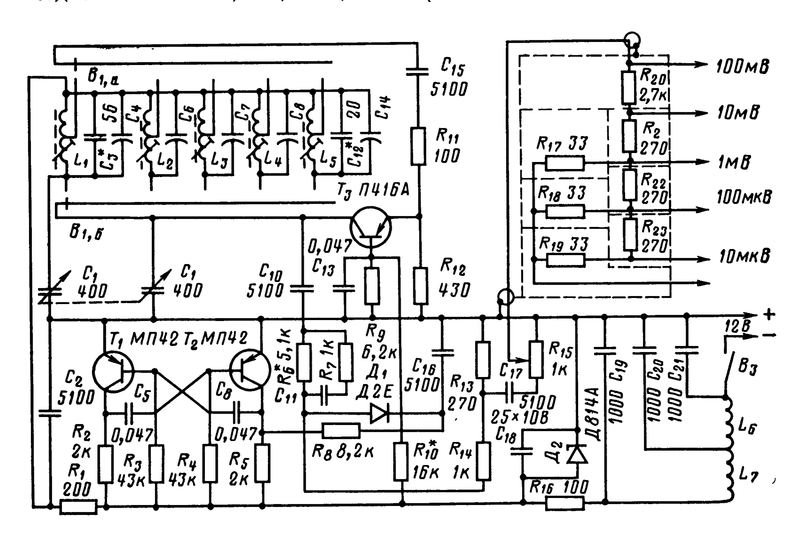


Рис. 31. Принципиальная схема второго варианта сигнала-генератора .

Резистор R_{16} и стабилитрон $Д_2$ образуют параметрический стабилизатор питающего напряжения. Конденсаторы C_{19}—C_{21} и дроссели L_6, L_7 выполняют роль высокочастотного фильтра, препятствующего проникновению высокочастотных колебаний в цепи питания.

Корпус генератора изготовлен из листового сополимера МСН склеиванием. Основной электрический монтаж выполнен на гетинаксовой плате, соединенной с лицевой панелью. Плату закрывают металлическим экраном с отверстиями для подстроечных элементов. Лицевая панель, выполненная из металла, образует одну из стенок экрана. На ней фотохимическим способом нанесены шкалы и надписи, относящиеся к органам управления. На лицевую панель выведены: ручка конденсатора C_1 с надписью «Частота — плавно» с прозрачным лимбом и оцифрованными шкалами пяти поддиапазонов, обозначенных $А$—$Д$; ручка переключателя $В_1$ с положениями $А$—$Д$; ручка резистора R_{15} с оцифрованной шкалой; высокочастотный выходной разъем с надписью «В. ч.»; включатель питания $В_3$ с надписями «Вкл.», «Выкл.».

Моточные данные катушек индуктивности и дросселей: L_1 — 360 витков, отвод от 42 витка проводом ПЭЛ 0,1, L=1,83 мГ; L_2 —

127 витков, отвод от 20 витка проводом ПЭЛ 0,15, $L=320$ мкГн; L_3 — 59 витков, отвод от 11 витка проводом ПЭЛ 0,2, $L=68$ мкГн; L_4 — 15 витков, отвод от 5 витка проводом ПЭЛ 0,5, $L=2{,}9$ мкГн; L_5 — 9 витков, отвод от 3 витка проводом ПЭЛ 0,8, $L=0{,}8$ мкГн.

Все катушки выполнены на каркасах диаметром 10 мм и имеют сердечники диаметром 6 мм; L_1 и L_2 — ферритовые, L_3—L_5 — латунные. Дроссели L_6 и L_7 намотаны на ферритовые стержни диаметром 8 мм и содержат по 220 витков провода ПЭЛ 0,2.

В задней части корпуса, закрываемой съемной крышкой, имеется отсек для установки батарей питания с пружинными контактами. Выносной ступенчатый аттенюатор соединен высокочастотным

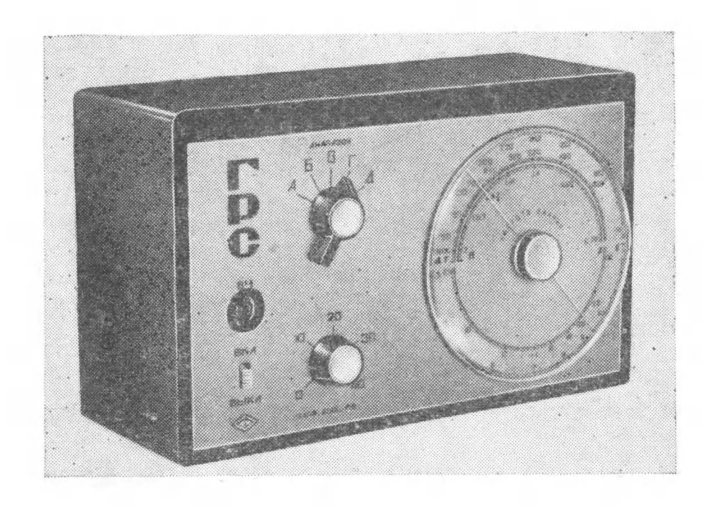


Рис. 32. Внешний вид генератора сигналов.

кабелем длиной 0,75 м с высокочастотным разъемом для подключения к генератору.

Габаритные размеры генератора 230×140×100 мм, масса — около 1,5 кг. Внешний вид показан на рис. 32.

Настройка генератора сводится к подгонке частот поддиапазонов с помощью регулирующих элементов (сердечников катушек индуктивности подстроечных конденсаторов), проверке коэффициентов деления выносного делителя, установке уровней выходных напряжений, глубины модуляции и проверке калибровки по частоте на всех оцифрованных точках шкал. Настройку выполняют с помощью частотомера и вольтметра с подходящими пределами измерения частот и напряжений. Глубина модуляции определяется с помощью электронного осциллографа.

Работа с генератором. Применяется генератор для настройки любительских радиовещательных приемников. Настройку высокочастотного тракта радиоприемника начинают, как правило, с последнего каскада усилителя промежуточной частоты (УПЧ). Перед настройкой цепь АРУ приемника следует отключить, для чего резистор,

через который напряжение АРУ подается на управляемые элементы, отсоединить от детектора. Далее по шкале генератора установить значение промежуточной частоты настраиваемого радиоприемника. Поскольку приемник может быть полностью расстроен, сигнал, подаваемый с выхода генератора, должен быть максимальным (гнезда 1:1 внешнего аттенюатора, ручка плавной регулировки сигнала повернута вправо до упора). ВЧ напряжение на вход УПЧ подается через разделительный конденсатор емкостью около 1000 пФ. Контроль уровня выходного сигнала ведется измерителем выхода — вольтметром, измеряющим напряжение на входе громкоговорителя приемника. Это напряжение не должно превышать $U_{вых} = 0,5 \sqrt{P_{ном} R_{зв}}$, где $P_{ном}$ — номинальная выходная мощность приемника, $R_{зв}$ — сопротивление звуковой обмотки громкоговорителя. Если выходное напряжение выше, необходимо уменьшить уровень сигнала на выходе генератора.

Плавно вращая (с помощью неметаллической отвертки) сердечники фильтра промежуточной частоты последнего каскада УПЧ, необходимо действовать так, чтобы показания измерителя выхода изменялись в сторону увеличения, но не превосходили вышеуказанного значения, для чего необходимо своевременно уменьшать уровень выходного сигнала генератора. Настройка каскада считается законченной, если поворот каждого сердечника фильтра в любую сторону ведет к уменьшению показаний измерителя выхода, т. е. если фильтр настроен по максимуму выходного сигнала приемника. Аналогичным образом настраивают и другие каскады УПЧ. При настройке первого каскада УПЧ сигнал с генератора подается на вход смесителя приемника, при этом необходимо сорвать колебания гетеродина, замкнув накоротко его колебательный контур. В остальном последовательность действия не отличается от предыдущей настройки.

После настройки УПЧ следует добиться нужного перекрытия диапазонов частот гетеродина. Для этого сигнал генератора подать на вход смесителя, по шкале настраиваемого приемника установить самую низкую частоту данного диапазона, а по шкале генератора выставить ее номинальное значение при уровне выходного сигнала около 1 мВ. Вращением сердечника катушки гетеродина, соответствующей данному диапазону, добиться точной настройки на заданную частоту по максимуму сигнала на выходе приемника, как было описано раньше. После этого приемник и генератор перестроить на верхнюю частоту данного диапазона и настроить контур гетеродина соответствующим подстроечным конденсатором. Перейти на нижнюю частоту диапазона и уточнить настройку вращением сердечника катушки гетеродина. Вернуться снова на верхнюю частоту, уточнить настройку гетеродина подстроечным конденсатором, и так продолжать настройку до получения удовлетворительного результата одновременно на обоих концах диапазона. Аналогичным образом добиться нужного перекрытия других диапазонов

Следующий этап настройки супергетеродинного приемника — сопряжение входных и гетеродинных контуров так, чтобы обеспечить выполнение равенства: $f_с + f_п = f_г$, где $f_с$ — частота сигнала; $f_п$ — промежуточная частота; $f_г$ — частота гетеродина.

Как известно, добиться такого идеального сопряжения по всему диапазону невозможно, и настройку производят в трех характерных точках (точках сопряжения) каждого диапазона. Обычно сопряже-

ние выполняют настройкой входных контуров до получения максимального выходного сигнала на верхней $f_в$ и нижней $f_н$ частотах сопряжения; сопряжение на частоте $f_{ср}$ получается автоматически. Эти частоты определяют по формулам

$$f_в = f_{ср} + \frac{\sqrt{3}}{4}(f_{макс} - f_{мин}),$$

$$f_{ср} = \frac{f_{макс} + f_{мин}}{2};$$

$$f_н = f_{ср} - \frac{\sqrt{3}}{4}(f_{макс} - f_{мин}).$$

Если приемник имеет антенный вход (гнездо), сигнал генератора подается на этот вход через эквивалент антенны, схема которого приведена в справочниках радиолюбителя. Если же приемник имеет только магнитную антенну, сигнал от генератора подводится к приемнику с помощью двух-трех витков связи, временно наматываемых на магнитную антенну.

Установив по шкале приемника нижнюю частоту сопряжения данного диапазона, а по генератору — ее номинальное значение, вращением сердечника входного контура или перемещением подвижной секции катушки входного контура вдоль магнитной антенны добиваются максимального показания измерителя выхода, перестраивают приемник и генератор на верхнюю частоту сопряжения и подстраивают входной контур данного диапазона подстроечным конденсатором. Подстройку, как и при настройке гетеродина, повторяют 2—3 раза до получения максимума показаний одновременно на обеих частотах сопряжения.

Измерение чувствительности в любой точке диапазона рассмотрим на примере приемника, имеющего антенный вход. Ручку регулировки громкости приемника установить в положение, соответствующее максимальной громкости. Сигнал от генератора через эквивалент антенны подать на антенный вход приемника. По шкалам приемника и генератора выставить требуемую частоту. Уровень выходного сигнала генератора выбрать таким, чтобы при точной взаимной настройке частот генератора и приемника показания измерителя выхода не превышали значения, указанного ранее. После этого ослабить сигнал генератора настолько, чтобы показания измерителя выхода уменьшились до $U_{вых} = 0,1\sqrt{P_{ном} R_{зв}}$.

Амплитуда сигнала генератора, поступающего в этот момент на вход приемника, характеризует его чувствительность в данной точке диапазона. Отсчет напряжения генератора выполняется с учетом его ослабления внешним аттенюатором.

ГЕНЕРАТОР НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ

Назначение прибора. Генератор предназначен для проверки работоспособности, чувствительности, настройки усилителей звуковой частоты и наладки импульсных устройств.

Его техническая характеристика: генератор работает на пяти фиксированных частотах: 50, 100, 300, 1000, 3300 Гц с возможностью

плавной перестройки вблизи каждой из этих частот в пределах ±40%; точность установки фиксированных частот (при установке ручки плавной регулировки частоты на нуль) ±20%; форма генерируемого сигнала — прямоугольная; напряжение на выходе *1* — от 0 до 500 мВ при выходном сопротивлении около 2 кОм, на выходе *0,1* — от 0 до 50±10 мВ при выходном сопротивлении около 200 Ом; размеры генератора 170×80×95 мм³; масса — около 0,5 кг; питание — от батареи «Крона»; потребляемый ток — не более 5 мА.

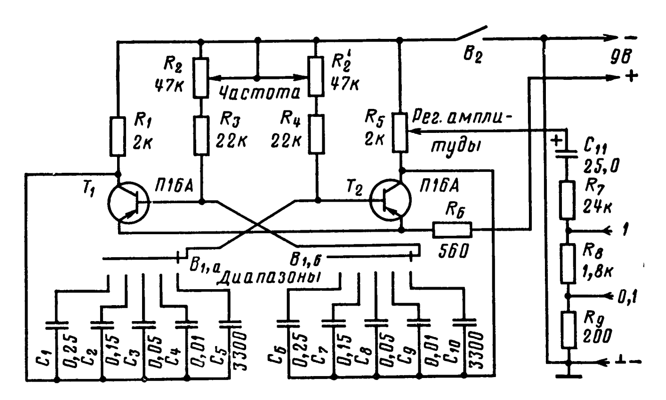


Рис. 33. Схема простого звукового генератора на транзисторах.

Схема и принцип работы. Принципиальная схема генератора дана на рис. 33. Генератор представляет собой симметричный мультивибратор, собранный на транзисторах T_1, T_2 типа МП42А. Частота мультивибратора определяется емкостями конденсаторов C_1—C_{10} и сопротивлением резисторов R_2, R_3 и R_2', R_4. Переключение емкостей (выбор одной из пяти фиксированных частот) производят переключателем B_1. Плавную перестройку вблизи каждой из этих частот осуществляют регулировкой переменного сдвоенного резистора R_2, R_2^*. Выходной сигнал снимают с резистора R_5, с помощью которого его можно плавно регулировать от нуля до максимума.

Через разделительный конденсатор C_{11} сигнал поступает на делитель напряжения на резисторах R_7—R_9. Выход *1* (0—500 мВ с выходным сопротивлением 2 кОм) используют при проверке и настройке ламповых усилителей звуковой частоты, а выход *0,1* (0—50 мВ с выходным сопротивлением 200 Ом) — при проверке и настройке полупроводниковых усилителей звуковой частоты.

Конструкция и настройка прибора. Корпус и передняя панель прибора изготовлены из листов сополимера МСН путем склеивания. Надписи и шкалы выполняются гравировкой или фотохимическим способом (печатанием с негатива). В задней стенке корпуса имеется отсек для установки батареи «Крона» с задвигающейся крышкой (типа пенала). Основной электрический монтаж выполнен на гетинаксовой панели, закрепленной на лицевой панели прибора. Внешний вид генератора показан на рис. 34.

Генератор прост, надежен и специальной настройки не требует. Следует позаботиться лишь о том, чтобы резисторы и конденсаторы задающих *RC*-цепочек имели допустимый разброс номиналов и не создавали значительной асимметрии (что приводит к искажению формы выходного напряжения).

Проверить соответствие калибровочных частот и уровней выходного сигнала генератора установленным номинальным значениям можно с помощью любого частотомера и лампового вольтметра с

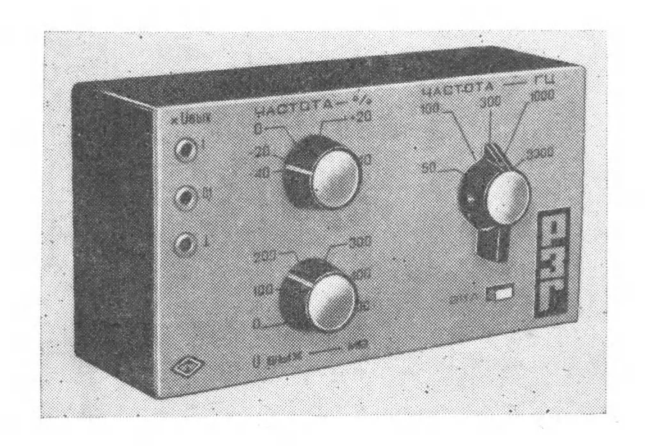


Рис. 34. Внешний вид простого звукового генератора на транзисторах.

подходящими диапазонами измеряемых частот и напряжений. Форма выходного напряжения генератора близка к прямоугольной и содержит большое количество высших гармоник, поэтому его можно использовать и для проверки прохождения сигнала по высокочастотным цепям приемника — усилителю промежуточной частоты, смесителю и входным контурам в диапазонах длинных и средних волн. В этом случае следует использовать самую высокую частоту генератора, а сигнал в исследуемую цепь подавать через конденсатор, имеющий емкость несколько десятков пикофарад.

ЧАСТОТОМЕР НА ТРАНЗИСТОРАХ

Назначение прибора. При помощи частотомера можно легко производить градуировку звуковых генераторов, а также ряд других измерений.

Диапазон измерений такого простейшего частотомера лежит в пределах от 0 до 100 кГц и имеет четыре поддиапазона: 0—100, 100—1000 Гц, 1—10, 10—100 кГц.

Схема и принцип работы. Принципиальная схема малогабаритного частотомера показана на рис. 35. Основные элементы схемы: транзисторный усилитель-ограничитель, переключатель $В_1$ с набором «эталонных» конденсаторов, диоды $Д_1$ и $Д_2$ и стрелочный индика-

тор μA (например, типа М4204 с током полного отклонения 100 мкА).

Значение измеряемой частоты определяется непосредственно по стрелочному прибору, включенному на выходе измерителя и проградуированному в единицах частоты. В зависимости от положения переключателя B_1 показания прибора умножаются на 1, 10, 100 или 1000.

Принцип работы прибора основан на методе заряда-разряда конденсатора. Напряжение измеряемой частоты $f_{изм}$ через конденсатор C_1 поступает на базу транзистора T_1, усиливается, ограничивается или управляет работой транзисторного ключа T_2, через который происходит заряд-разряд конденсаторов C_3—C_6. Ток заряда

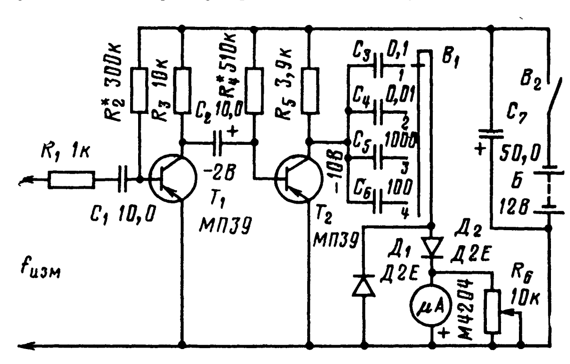


Рис. 35. Принципиальная схема простого частотомера.

конденсатора, проходя по рамке измерительного прибора, вызывает отклонение стрелки, пропорциональное среднему значению частоты.

Постоянные времени цепей заряда и разряда подобраны так, что при каждом цикле заряд — разряд конденсатор успевает зарядиться почти до полного напряжения батарей $u_б$ и разрядиться до нуля. Можно считать, что заряд конденсатора $Q = Cu_б$. Весь заряд протекает через измерительный прибор за время одного периода измеряемой частоты $T_{изм}$. Средний ток, протекающий через прибор, равен:

$$I \approx \frac{Q}{T_{изм}} \approx f_{изм} C u_Б ,$$

где C — емкость одного из конденсаторов C_3—C_6, $f_{изм}$ — частота входного напряжения.

Емкость конденсатора и напряжение батареи при измерениях не изменяются, следовательно, ток, проходящий через прибор, зависит только от измеряемой частоты $f_{изм}$. Резистор R_6 служит для корректировки показаний прибора при градуировке.

Конструкция и настройка прибора. Прибор монтируют в небольшой металлической коробке, на лицевую панель которой выводят все элементы управления и стрелочный индикатор. Для настройки необходимо иметь генератор промышленного изготовления.

ЭЛЕКТРОННЫЙ ТАХОМЕТР НА ТРАНЗИСТОРАХ

Назначение прибора. Тахометр предназначен для определения частоты вращения вала двигателя.

Схема и принцип работы. Принципиальная схема тахометра, применяемого на автомобиле, аккумуляторная батарея которого подключается к шасси отрицательным полюсом, изображена на рис. 36.

Пульсирующее напряжение, поступающее с прерывателя системы зажигания на вход тахометра, преобразуется в импульсы, одинаковые по форме и амплитуде. Частота их пропорциональна частоте искрообразования или частоте вращения вала двигателя.

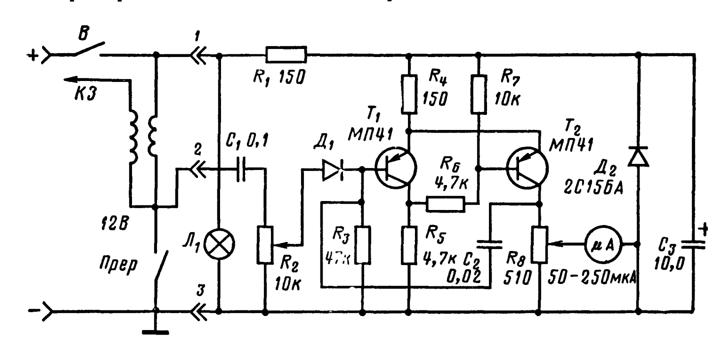


Рис. 36. Принципиальная схема электронного тахометра.

Как видно из схемы, основу прибора составляет ждущий мультивибратор на двух транзисторах. В коллекторную цепь второго транзистора включен чувствительный микроамперметр (50—250 мкА). Диод $Д_1$ определяет полярность входного импульса.

Положительные импульсы, получаемые с первичной обмотки катушки зажигания, управляют работой мультивибратора, так что ток, протекающий через транзистор T_2, измеряемый микроамперметром mA, пропорционален частоте образования искр. Шкала, проградуированная в оборотах в минуту, получается почти линейной. Для четырехкратного двигателя, имеющего 3000 об/мин, частота прерывания составляет 100 Гц, а для 1500 об/мин — 50 Гц. Это позволяет калибровать прибор по частоте сети.

Устройство подключается к системе зажигания тремя проводами, как показано на схеме. Лампочка $Л_1$ служит для освещения шкалы прибора.

МАЛОГАБАРИТНЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ВЛАГОМЕР ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ

Назначение прибора. Влагомер предназначен для измерения влажности пиломатериалов из ели и бука толщиной от 7 до 30 мм и шириной не менее 80 мм, но при соответствующей градуировке может быть использован для определения влажности других пород древесины, древесностружечных плит и фанеры толщиной более 5 мм.

Прибор имеет два диапазона измерений, которые позволяют измерять влажность пиломатериалов из ели от 0 до 22% на первом диапазоне (с погрешностью ±0,5%) и до 40% — на втором (с погрешностью ±0,75%), а пиломатериалов из бука — от 0 до 30% на первом диапазоне (с погрешностью ±0,5%) и до 80% — на втором (с погрешностью ±1,0%) при температуре окружающей среды 20±5° С и относительной влажности воздуха до 80%. Влагомер рассчитан на работу при температуре окружающей среды от +10 до +40° С и относительной влажности воздуха до 80%. Несмотря на отсутствие специальной термостабилизации, погрешность измерения в пределах этого диапазона температур не превышает ±2% относительной влажности. Питание устройства осуществляется от одной батареи типа КБС (элемент 3336Л) напряжением 4,5 В.

Потребляемый ток — не более 2,5 мА. Изменение напряжения батареи питания в пределах от 3,5 до 4,5 В практически не влияет на точность измерения. Масса прибора не превышает 0,8 кг.

Древесина, являясь материалом органического происхождения, всегда содержит то или иное количество влаги, изменение которого при ее промышленном применении в зависимости от условий эксплуатации и общего состояния атмосферных условий нежелательно, поскольку приводит к целому ряду таких явлений, как усушка, коробление, потрескивание, разбухание, загнивание, изменение физико-химических свойств и др. Поэтому влажность служит одним из основных показателей качества древесины и древесных материалов и оказывает большое влияние на их технологические и эксплуатационные свойства.

Влажность древесины и древесных материалов постоянно изменяется под влиянием температуры и влажности окружающей среды, так как между древесиной, давление водяных паров в которой не равно давлению пара в окружающей атмосфере, и воздухом происходит влагообмен до достижения гигрометрического равновесия. Диаграмма равновесной влажности древесины в зависимости от относительной влажности воздуха при различных температурах приведена на рис. 37. Такая зависимость состояния древесины от атмосферных колебаний вызывает необходимость проводить количественное определение влажности почти на всех этапах технологических процессов — обработки и изготовления деталей из древесины и древесных материалов.

В настоящее время известно сравнительно много методов, позволяющих измерить влажность древесины в лабораторных или производственных условиях. Однако в большинстве случаев предпочтение отдается бесконтактным методам, которые дают возможность производить измерения без нарушения поверхности и структуры исследуемого материала.

Разработан метод измерения влажности материалов с неэлектронной проводимостью емкостно-индуктивными датчиками влажности, построенными в виде высокочастотных колебательных контуров различной конфигурации. Эти датчики представляют собой полые цилиндрические, прямоугольные либо плоские катушки, намотанные на каркасе из высококачественного диэлектрика (эбонита, гетинакса, текстолита, радиофарфора и др.), с независящими от влажности диэлектрическими параметрами. Сечение каркаса, число витков и марка провода подбираются так, чтобы межвитковая емкость и индуктивность полученного колебательного контура соответствовали условиям генерирования частот в диапазоне от 3—4 до 8—9 МГц,

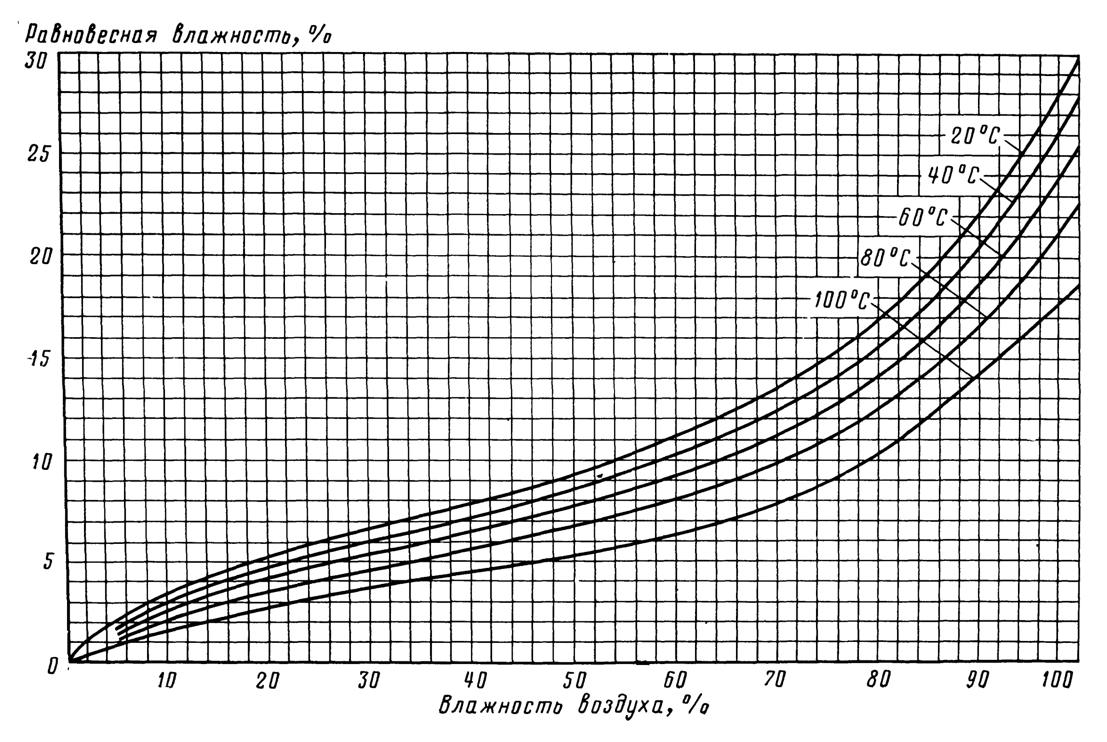


Рис. 37. Диаграмма равновесной влажности.

так как активная и реактивная проводимость, а также тангенс угла диэлектрических потерь древесины, бумаги, картона, хлопчатобумажных тканей и некоторых других материалов во влажном состоянии наиболее сильно зависят от влажности на этих частотах. Предлагаемый метод основан на изменении параметров колебательного контура генератора при введении в его ВЧ поле материалов с неэлектронной проводимостью.

Влияние добротности контура на ток питающей цепи учитывается результирующим эквивалентным резонансным сопротивлением параллельного контура $R_э = Q\sqrt{\frac{L}{C}}$, которое имеет чисто активный характер и заметно больше сопротивления катушки постоянному току. Влажная древесина, помещенная внутрь катушки контура, увеличивает потери в нем и тем самым уменьшает его добротность на ΔQ. Индуктивность и емкость контура при этом заметно не меняются. Результирующее изменение эквивалентного резонансного сопротивления $\Delta R_э \simeq \Delta Q\sqrt{\frac{L}{C}}$.

В конечном счете изменение влажности материала приводит к изменению постоянной составляющей коллекторного (эмиттерного) тока генератора Δi. Поэтому функция $W = F(\Delta i/i_0)$, где W — относительная влажность материала, i_0 — постоянная составляющая тока генератора, является по существу градуировочной функцией влагомера.

На основе вышеописанного метода были разработаны и изготовлены партии ламповых влагомеров ВЭБ-2 и ВЭБ-3, которые и сейчас с успехом используют на предприятиях деревообрабатывающей промышленности. Однако применение ламп в данных приборах, отсутствие автономного питания, сравнительно большие габариты и масса затрудняют их использование на участках, где нет электросети. Предлагаемый прибор является одной из упрощенных модификаций ранее разработанного индукционного влагомера [6].

Схема и принцип работы. Принципиальная схема предлагаемого устройства приведена на рис. 38. Применение полупроводников позволило сделать влагомер малогабаритным, экономичным, независимым от электросети, а значит, и безопасным при работе. Это же дает возможность широко использовать прибор непосредственно в процессе производства — в цехах, на складах, на местах разбраковки пиломатериалов и т. п. Простота конструкции и эксплуатации позволяет работать с влагомером оператору, не имеющему специальной подготовки.

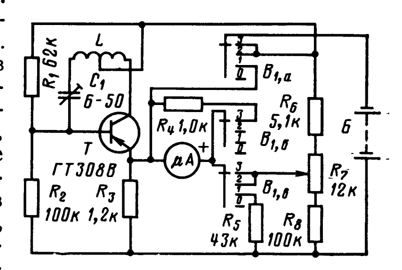


Рис. 38. Принципиальная схема влагомера.

Влагомер представляет собой измерительный мост на резисторах R_3, R_6—R_8, в одно плечо которого включен ВЧ генератор на транзисторе T_1. Исследуемый материал, воздействуя на контур, являющийся датчиком влажности, изменяет его добротность, вследст-



Рис. 39. Эскиз передней панели влагомера.

вие чего изменяется режим работы генератора и нарушается баланс измерительного моста, что регистрируется включенным в диагональ моста стрелочным индикатором.

В предложенном влагомере генератор построен по индуктивной трехточечной схеме на транзисторе T типа ТТ 308 В с $h_{21Э} > 100$, однако могут быть применены и ВЧ транзисторы других типов (П423, П416 и т. п.) с большим статическим коэффициентом передачи тока. Частота генерации определяется параметрами катушки L. Стрелочный индикатор выбирается исходя из требований к точности прибора и его габаритам. Это могут быть микроамперметры типа М494, М265, М4204 и т. п. с током полного отклонения стрелки 50—100 мкА. В данном приборе использован микроамперметр тестера ТТ-1 с внутренним сопротивлением 1,5 кОм. Резисторы R_4 и R_5 служат для контроля напряжения питания и подбираются опытным путем при настройке прибора, исходя из типа индикатора и напряжения питания.

Конструкция и настройка прибора. Контур генератора, являющийся датчиком влажности, представляет собой плоскую катушку, намотанную на текстолитовую пластинку размером 50×70 мм, толщиной 2,5 мм медным проводом типа ПЭЛ 1,0 и имеет 55 витков с отводом от 10-го витка со стороны коллектора. Прибор смонтирован в металлическом корпусе с отверстием для катушки-датчика, прикрытым текстолитовой пластинкой толщиной 1,5 мм. На рис. 39 дан эскиз передней панели данного влагомера.

Поскольку в основу работы влагомера положен метод измерения неэлектрических величин электрическим путем, а добротность контура связана с влажностью по нелинейному закону и имеются различия между воздействиями на контур влажных материалов различных пород древесины, то для пересчета показаний микроамперметра в относительную влажность с помощью весового метода был составлен градуировочный график (рис. 40). Для определения влажности материала влагомер следует наложить на последний и по показаниям микроамперметра при помощи градуировочных графиков определить влажность.

Влагомер можно использовать и для определения влажности пиломатериалов, толщина которых более 30 мм. Для этого измерения производят с двух сторон, и за истинное принимают среднее значение.

Деления шкалы

50 40 30 20 10 0

Ель I

Бук I

Ель II

Бук II

Температура воздуха 20±5°C

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Влажность в процентах

Рис. 40. Градуировочный пересчет для ели и бука.



При необходимости расширения диапазона измеряемой влажности и повышения точности измерений данную схему можно усовершенствовать.

Схема прибора аналогичного назначения, выполненного на двух транзисторах, приведена на рис. 41. В основу работы прибора положен тот же метод разбаланса моста, однако на этот раз пары противоположных плеч мостовой схемы образуют два транзистора T_1 и T_2, первый из которых работает в динамическом режиме (режиме генерации), а второй — в статическом. Переключатель B_1 служит для обеспечения возможности измерения влажности различных пород древесины. Сопротивления резисторов R_6—R_8 подбирают опытным путем после снятия градуировочных характеристик относительной влажности различных пород древесины. Внешний вид этого прибора показан на рис. 42.

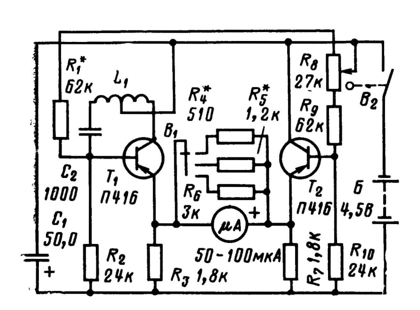


Рис. 41. Принципиальная схема второго варианта влагомера (на двух транзисторах).

Методика эксплуатации обоих приборов практически одинакова. Прежде всего убеждаются в исправности питания. После этого, держа прибор в руках, не касаясь датчика пальцами и не приближая его к какому-нибудь предмету, переменными резисторами R_7 в первом и R_8 во втором приборах установить стрелку индикатора на нулевую отметку. Приложить прибор тыльной стороной к материалу, влажность которого необходимо определить, и по градуировочным графикам пе-

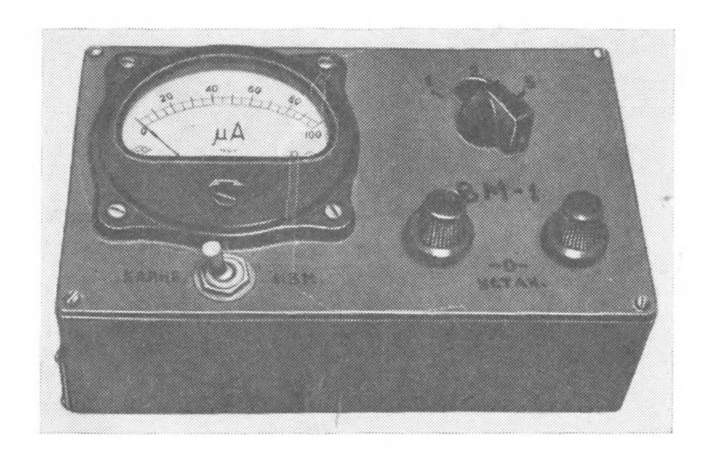


Рис. 42. Внешний вид второго варианта прибора.

ревести показания стрелочного индикатора в относительную влажность.

Для градуировки прибора надо взять образцы древесины равномерной объемной влажности. Приложить к ним прибор и записать его показания. Измерить влажность этих образцов весовым методом, для чего взвесить их на аналитических весах, высушить в сушильном шкафу и до постоянной массы при температуре 400±5° С.

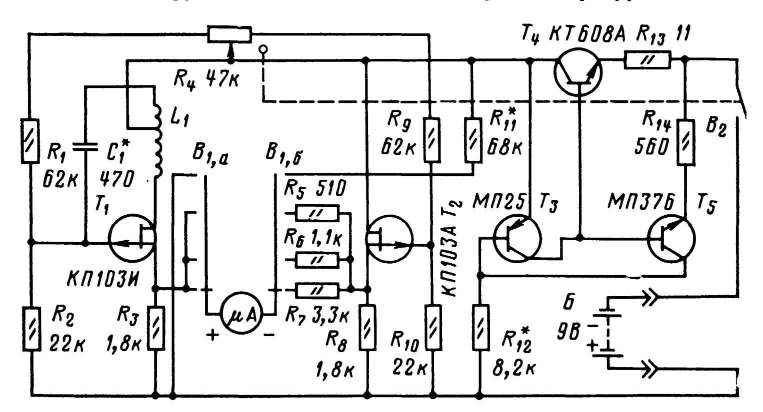


Рис. 43. Принципиальная схема влагомера на полевых транзисторах.

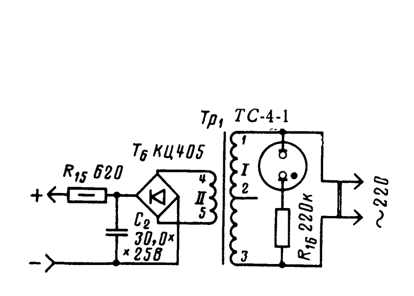


Рис. 44. Принципиальная схема зарядного устройства.

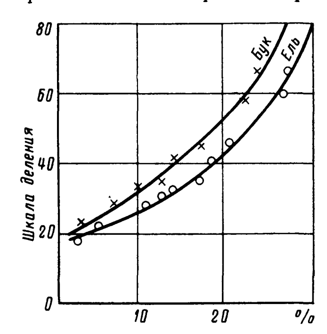


Рис. 45. Градуировочная кривая для влагомера на полевых транзисторах.

При этом необходимо следить, чтобы не было потерь древесины, т. е. выгорания смолы и т. д. Охлажденные в эксикаторе с адсорбентом образцы взвесить еще раз и определить их абсолютную влажность ∇ по формуле

$$\nabla = \frac{m_1 - m_2}{m_2} 100\%,$$

где m_1 — масса образца до сушки; m_2 — масса образца после сушки.

После калибровки прибора построить градуировочный график.

Для получения большой чувствительности был разработан прибор с использованием полевых транзисторов типа КП103И. Схема такого влагомера приведена на рис. 43. Для повышения точности прибора введен стабилизатор напряжения с коэффициентом стабилизации примерно 1000, потребляющий от источника питания ток не более 1 мА. В качестве регулирующего элемента стабилизатора использован кремниевый транзистор T_4 типа КТ608А (см. «Радио», 1967, № 8, с. 43). Влагомеры иногда дополняют зарядным устройством для аккумулятора типа 7Д-01. Принципиальная схема зарядного устройства приведена на рис. 44. Градуировочная характеристика для бука и ели приведена на рис. 45. Методика эксплуатации этих приборов идентична.

ПРАКТИЧЕСКИЕ СОВЕТЫ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Для обеспечения надежности измерительных приборов необходимо тщательно выполнять монтажные работы. Применять следует только качественные детали, предварительно проверив их перед включением в схему. Необходимо помнить, что к измерительному прибору предъявляются требования значительно более высокие, чем к приемнику. Выбирая детали элементов, входящих в состав прибора, необходимо следить, чтобы они были подобраны с достаточной точностью. Нельзя допускать замены одних измерительных цепей другими, номинальные значения которых заметно отличаются от предлагаемых в схеме. Если такая замена в радиоприемном устройстве существенного влияния на качественные показатели приемника не оказывает, то в приборе это может привести к значительным погрешностям измерения, а иногда к потере его работоспособности.

Прежде чем приступить к конструированию измерительного прибора, нужно хорошо разобраться в схеме, понять назначение ее элементов, уточнить область применения и условия эксплуатации данного устройства. Желательно иметь универсальный прибор, что удобно при различных измерениях. Однако увлекаться излишней универсальностью не следует, поскольку это может повлечь за собой усложнение конструкции и неудобство в обращении с прибором. Лучше построить более простой прибор, надежность которого будет гарантирована.

Немалую роль играет и внешнее оформление прибора. Корпус не только украшает, но и заодно является тем конструктивным узлом, на котором устанавливают детали. Нужно стремиться располагать все элементы управления на лицевой панели с таким расчетом, чтобы внешний вид прибора соответствовал требованиям технической эстетики, а пользоваться прибором было удобно.

Для того чтобы готовый корпус имел хороший внешний вид, его необходимо покрасить. Лучшей краской в любительских условиях являются нитроэмали различных цветов, имеющиеся в широкой продаже в аэрозольной упаковке. Детали перед покраской тщательно обезжиривают бензином или ацетоном и грунтуют. т. е покрывают одним-двумя слоями специальной краски-грунта, а затем подвешивают на проволоке так, чтобы легко было красить все поверхности.

Если образовались подтеки грунта, их следует сразу же удалить марлевым тампоном, смоченным в ацетоне, а когда грунт высохнет, вновь загрунтовать очищенное место.

Нитроэмаль необходимо наносить несколькими тонкими слоями, давая каждому из них хорошо просохнуть. Перед нанесением последнего слоя поверхность окрашенной детали шлифуют мелкой наждачной бумагой с водой. После такой подготовки окрашенная последним слоем нитроэмали деталь имеет красивый законченный вид. Окраску рекомендуется производить на открытом воздухе в теплую солнечную погоду.

Очень эстетично выглядят приборы, если детали их корпусов обклеены специальной пленкой, имитирующей ценные породы древесины. В этом случае пленкой прикрывают только наружную поверхность корпуса и крышку, не затрагивая их кромок. Кромки лучше опилить напильником, а затем отшлифовать и отполировать до блеска пастой ГОИ, нанесенной на суконную тряпочку.

Надписи, поясняющие назначение гнезд и органов управления прибора, наносят тушью на полосках бумаги разных цветов, склеенных встык с обратной стороны с помощью узкой полоски тонкой бумаги или склеивающей ленты КПТ. Контуры отверстий переводят остро заточенным карандашом по отверстиям в прозрачной накладке, закрывающей надписи. Отверстия вырезают скальпелем или острым ножом, положив бумажные полоски с надписями на кусок гладкой доски или фанеры.

Для приборов, на работе которых могут сказаться воздействия электрических и магнитных полей или которые сами являются источниками высокочастотных колебаний, необходимо применять металлические каркасы. Если их нет, надо сделать внутреннюю экранировку коробки из фольги. Для генераторов высокочастотных колебаний, индикаторов напряженности поля и других ВЧ приборов следует применять листовую сталь толщиной 0,7—1,0 мм.

Малогабаритный прибор удобен в работе, но миниатюризация не всегда оправдана. Слишком тесный монтаж зачастую является причиной плохой работы прибора, не говоря уже о трудностях его ремонта. Соединения должны быть надежными, пайка качественной, так как плохо пропаянный контакт приводит к дополнительным погрешностям прибора.

Для авометров и высокоомных вольтметров надо подбирать измерительные головки, чувствительность которых около 50—200 мкА. Для различного рода индикаторов можно применять более грубые измерители чувствительностью 1—5 мА.

При калибровке шкал вольтметра, амперметра, измерительного моста и других измерительных приборов часто требуется резистор нестандартного сопротивления. В этом случае его можно составить из двух или более резисторов, соединив их последовательно или параллельно. При последовательном соединении общее сопротивление резисторов равно сумме сопротивлений соединяемых резисторов, а при параллельном определяется по формуле

$$R_{\text{общ}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

Учитывая, что электроизмерительные приборы, в особенности чувствительные стрелочные индикаторы, часто подвергаются электрическим перегрузкам, целесообразно предусмотреть их защиту,

Наиболее распространенный и простой способ защиты от перенапряжения — шунтирование измерительного механизма двумя полупроводниковыми диодами, включенными параллельно (встречно). Такое включение обеспечивает защиту от перегрузки сигналом любой полярности. При применении кремниевых диодов максимальное напряжение, которое может возникнуть на защищенном участке цепи, не превысит 0,8—0,85 В.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бахмутский В. Ф., Гулеюк Л. А., Дудич И. И.** Приборы для промышленных и любительских измерений. Ужгород: Карпаты, 1971.
2. **Борисов В. Г., Фролов В. В.** Измерительная лаборатория начинающего радиолюбителя. М.: Энергия, 1976.
3. **Дудич И. И.** Малогабаритные измерительные приборы. Киев: Техника, 1968.
4. **Дудич И. И.** Измерительные приборы радиолюбителя. Киев: Радяньска школа, 1970.
5. **Дудич И. И.** Простые измерительные приборы. М.: Энергия, 1970.
6. **Дудич И. И.** Самодельные радиоэлектронные устройства. Ужгород: Карпаты, 1973.
7. **Лозицкий Б. Н., Мельниченко И. И.** Электрорадиоизмерения. М.: Энергия, 1976.
8. **Носаков В. С.** Справочник по радиоизмерительным приборам. М.: Сов. радио, 1976.
9. **Торонюк В. А.** Переносные многопредельные комбинированные приборы. М.: Энергия, 1970.
10. **Гидвеги Т.** Транзисторный *Q*-метр. Будапешт: — Радиотехника, 1968, № 1, с. 47—51.

СОДЕРЖАНИЕ

Иван Иванович Дудич

МАЛОГАБАРИТНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Редактор Е. К. Иноземцев
Редактор издательства Н. В. Ефимова
Обложка художника Т. А. Алябьевой
Технический редактор Н. М. Пушкарева
Корректор И. А. Володяева
ИБ 1667

Сдано в набор 21.09.79. Подписано в печать 20.03.80. Т-07108. Формат 84×108$^1/_{32}$. Бумага типографская № 2. Гарн. шрифта литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 2,94. Уч.-изд. л. 3,57. Тираж 80 000 экз. Заказ № 144. Цена 25 к.

Издательство «Энергия», 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография «Союзполиграфпрома»
при Государственном комитете СССР по делам издательств,
полиграфии и книжной торговли

600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7

25 к.

